



**INSTITUTO
FEDERAL**

Sudeste de Minas Gerais

Campus
Rio Pomba



CIÊNCIA E TECNOLOGIA

no *Campus Rio Pomba*

Importância para o Arranjo Produtivo Local

Organizadores:

Sérgio de Miranda Pena
Rafael Monteiro Araújo Teixeira
Larissa Mattos Trevizano
André Narvaes da Rocha Campos
Franciano Benevenuto Caetano
Lenice Alves Moreira
Luciana Narciso de Mattos

1ª Edição

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais -
Campus Rio Pomba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas
Gerais -*Campus* Rio Pomba

Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação

Ciência e Tecnologia no Campus Rio Pomba do IF Sudeste MG: Importância para o Arranjo Produtivo Local

Organizadores:

Sérgio de Miranda Pena

Rafael Monteiro Araújo Teixeira

Larissa Mattos Trevizano

André Narvaes da Rocha Campos

Franciano Benevenuto Caetano

Lenice Alves Moreira

Luciana Narciso de Mattos

1ª Edição

IF Sudeste MG

Rio Pomba/MG 2017

Direitos de Publicação Reservados ao IF Sudeste MG

Impresso no Brasil – ISBN: 978-85-65175-12-8

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – *Campus*
Rio Pomba

Reitor: Charles Okama de Souza

Diretor Geral do Campus Rio Pomba: João Batista Lúcio Correa

Revisão Linguística: Marcela Zambolim de Moura

Normalização Bibliográfica: Ana Carolina Souza Dutra

Editoração Eletrônica: Sérgio de Miranda Pena e Ana Carolina Souza Dutra

Capa: Anderson Caetano Magalhães

Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Jofre Moreira – IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba.

Bibliotecária: Ana Carolina Souza Dutra CRB 6 / 2977

C569

Ciência e tecnologia no Campus Rio Pomba do IF Sudeste MG:
importância para arranjo produtivo local / organizadores Sérgio de
Miranda Pena et al. – Juiz de Fora, IF Sudeste MG, 2017.

184 p.: il.

ISBN: 978-85-65175-12-8

1. Pesquisa- Inovação. 2. Educação tecnológica. 3. Arranjos
produtivos locais. I. Pena, Sérgio de Miranda. II. Teixeira, Rafael
Monteiro Araújo. III. Trevizano, Larissa Mattos. IV. Campos, André
Narvaes da Rocha. V. Caetano, Franciano Benevenuto. VI. Moreira,
Lenice Alves. VII. Mattos, Luciana Narciso.

CDD:370.7

Sumário

CAPÍTULO 1- PROBIÓTICOS ADICIONADOS EM ALIMENTOS E SEUS BENEFÍCIOS À SAÚDE BUCAL: UMA REVISÃO	6
CAPÍTULO 2- UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CAD PARA O DIAGNÓSTICO DO CÂNCER DE MAMA	24
CAPÍTULO 3 - ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE RIO POMBA-MG	47
CAPÍTULO 4 - TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROPECUÁRIOS: IMPORTÂNCIA E PROCEDIMENTOS	72
CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DA EVASÃO, DO DESEMPENHO ACADÊMICO E DO PERFIL DOS ESTUDANTES QUE INGRESSARAM POR MEIO DO PROCESSO SELETIVO TRADICIONAL E DO SISTEMA DE SELEÇÃO UNIFICADO (SISU) NOS CURSOS SUPERIORES NOTURNO DO IF SUDESTE MG – CAMPUS RIO POMBA	94
CAPÍTULO 6 - ALIMENTOS PROBIÓTICOS DE ORIGEM VEGETAL: DESAFIOS PARA IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS MICRORGANISMOS UTILIZADOS	125
CAPÍTULO 7- FERRAMENTAS TÁCTEIS NO ENSINO DE MATEMÁTICA PARA UM ESTUDANTE CEGO: UMA EXPERIÊNCIA NO <i>CAMPUS</i> RIO POMBA	146
CAPÍTULO 8- ESTUDOS DE FORMAS ALTERNATIVAS AOS ANTIBIÓTICOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO EM DIETAS E DE MÉTODOS DE CASTRAÇÃO EM SUÍNOS	164

APRESENTAÇÃO

Com o intuito de tornar pública as pesquisas realizadas e de incentivar os pesquisadores do *Campus* Rio Pomba do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG), a Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação tem a satisfação de apresentar a obra “Ciência e Tecnologia no Campus Rio Pomba do IF Sudeste MG: Importância para o Arranjo Produtivo Local”.

Através dessa obra almeja-se mostrar à sociedade as principais linhas de pesquisas desenvolvidas no *Campus* Rio Pomba, bem como os avanços obtidos até o momento. Destaca-se que a seleção dos capítulos foi realizada com base nos melhores trabalhos submetidos e apresentados durante o IX Simpósio de Ciência, Inovação e Tecnologia, no ano de 2016. A escolha foi baseada na avaliação do mérito científico obtido nas apresentações orais e de pôsteres, nos níveis de ensino médio, graduação e pós-graduação, em todos os departamentos acadêmicos da unidade.

Os orientadores dos melhores trabalhos, juntamente com seus estudantes, foram convidados a contribuir com um capítulo, colocando em perspectiva os resultados obtidos em suas pesquisas. Desta forma, contamos com autores de perfil muito diverso, envolvendo estudantes, docentes e técnicos administrativos, além de parceiros de pesquisa pertencentes a outras instituições.

A diversidade e a riqueza de temas apresentados nesta obra refletem a vocação e a dedicação do *Campus* Rio Pomba na atividade de pesquisa, que complementa, de forma indissociável, o ensino e a extensão.

A mensagem que fica desse trabalho em equipe é de que é possível realizar pesquisas de qualidade e com mérito reconhecido, envolvendo a participação tanto de estudantes de ensino médio, quanto graduação e mestrado.

Para finalizar, agradecemos a toda equipe envolvida na organização desta obra, ao Comitê de Pesquisa do *Campus* Rio Pomba pelo apoio a esta produção, além das agências de fomento FAPEMIG, CNPq e FINEP, que financiam nosso programa institucional de bolsas de iniciação científica, cursos de mestrado profissional e projetos de pesquisa e inovação tecnológica.

Os Organizadores

**Ciência e Tecnologia no Campus Rio Pomba do IF Sudeste MG:
Importância para o Arranjo Produtivo Local**

AUTORES

Alessandro Del’Duca

Docente de Biologia do IF Sudeste MG – *Campus* Juiz de Fora. E-mail: alessandro.delduca@ifsudestemg.edu.

Amanda Medeiros Correia

Estudante de Graduação em Zootecnia do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: amandamedeiroscorreia@yahoo.com.br

Amanda Rodrigues Fernandes

Estudante de Graduação em Zootecnia do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: mandinha07101995@hotmail.com

André Mauricio Pinheiro

Estudante de Graduação em Zootecnia do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: andrezootecnia4@gmail.com

André Narvaes da Rocha Campos

Docente do Departamento de Agricultura e Ambiente do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: andre.campos@ifsudestemg.edu.br

Aurélia Dornelas de Oliveira Martins

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: aurelia.dornelas@ifsudestemg.edu.br

Bruno de Andrade Pires

Farmacêutico Bioquímico, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos (IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba). E-mail: drogafarto@gmail.com

Bruno Grossi Costa Homem

Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras, Zootecnista, graduado no IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: grossizoo@hotmail.com

Dandara Fernanda Rodrigues Andrade

Estudante de Graduação em Agroecologia do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: andradedandara@hotmail.com

Dionéia Evangelista Cesar

Docente da Universidade Federal de Juíz de Fora. E-mail: dioneia.cesar@ufjf.edu.br

Eliane Mauricio Furtado Martins

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: eliane.martins@ifsudestemg.edu.br

Elton Geraldo de Oliveira Góis

Docente da Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: elton.gois@ufjf.edu.br

Érika Gomes Sarmento

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo IF Sudeste MG - *Campus* Rio Pomba. E-mail: erikagsarmento@yahoo.com.br

Felipe Almeida de Mello

Licenciando em Matemática do IF Sudeste MG - *Campus* Rio Pomba. E-mail: felipemelloifsudeste@gmail.com

Guilherme de Souza Moura

Zootecnista, Mestre e Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail: mouraguilherme@yahoo.com.br

Igor Machado Ferreira

Graduando em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras. Técnico em Zootecnia pelo IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba. Email: igorzootecnia@yahoo.com.br

Iorrano Andrade Cidrini

Mestrando em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal. Zootecnista, graduado no IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: iorranoandrade@gmail.com

Isabella Araújo Campos

Mestranda em Administração pela Universidade Federal de Viçosa e Administradora, graduada no IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: isabellaraujoc@hotmail.com.

Ivy Silva Costa

Docente do Departamento de Ciências Gerenciais do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: ivy.costa@ifsudestemg.edu.br

Jaciene Lara de Paula Caetano

Licencianda em Matemática do IF Sudeste MG - *Campus* Rio Pomba. E-mail: lara_caetanorp@hotmail.com

John Warnens Canuto

Cientista de Alimentos, Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos (IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba). E-mail: johnwarnens@gmail.com

Liliane Antonow Martinez

Docente do Departamento de Matemática, Física e Estatística do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: liliane.antonow@ifsudestemg.edu.br

Lucas Grassano Lattari

Docente do Departamento de Ciências da Computação do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: lucas.lattari@ifsudestemg.edu.br

Marine Cirino Grossi Reis

Docente do Departamento de Agricultura e Ambiente do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: marine.grossi@ifsudestemg.edu.br

Mateus José Inácio de Abreu

Estudante de Graduação em Zootecnia do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: mateusabueu19@gmail.com

Matheus de Freitas Oliveira Baffa

Estudante de Ciências da Computação do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: mfreitas826@gmail.com

Maurilio Lopes Martins

Docente do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: maurilio.martins@ifsudestemg.edu.br

Onofre Barroca de Almeida Neto

Docente do Departamento Acadêmico de Educação do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: onofre.neto@ifsudestemg.edu.br

Paula Reis de Miranda

Docente do Departamento de Matemática, Física e Estatística do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: paula.reis@ifsudestemg.edu.br

Sérgio de Miranda Pena

Docente do Departamento de Zootecnia do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: sergio.pena@ifsudestemg.edu.br

Soraia Viana Ferreira

Zootecnista e doutoranda em Zootecnia pela Universidade Federal de Minas Gerais, graduada no IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: soraiavianazoo@gmail.com.

William Luiz de Souza

Estudante de Graduação em Zootecnia do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba. E-mail: williamluizdesouzaa@gmail.com

CAPÍTULO 1- PROBIÓTICOS ADICIONADOS EM ALIMENTOS E SEUS BENEFÍCIOS À SAÚDE BUCAL: UMA REVISÃO

Érika Gomes Sarmiento
Aurélia Dornelas de Oliveira Martins
Dionéia Evangelista Cesar
Maurilio Lopes Martins
Elton Geraldo de Oliveira Góis
Eliane Mauricio Furtado Martins
André Narvaes da Rocha Campos
Alessandro Del’Duca

1. Introdução

Segundo a *World Gastroenterology Organisation* (2011), o cientista russo Élie Metchnikoff sugeriu que as bactérias ácido-láticas ofereciam benefícios à saúde, com potencial para modificar a microbiota intestinal, substituindo microrganismos produtores de substâncias tóxicas. No entanto, o termo “probiótico” foi introduzido por Lilly e Stillwell em 1965, quando ressaltaram que, diferente dos antibióticos, os probióticos são capazes de estimular o crescimento de outros microrganismos.

Em 2001, a Organização de Alimentos e Agricultura das Nações Unidas (*Food and Agriculture Organization – FAO*) e a Organização Mundial da Saúde (*World Health Organization - WHO*) definiram probiótico como microrganismos vivos que, quando ingeridos em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde de quem os consome (FAO/WHO, 2001).

Os probióticos representam grande oportunidade para prevenção e tratamento de doenças de uma maneira natural e não-invasiva. Uma série de efeitos benéficos tem sido atribuída aos probióticos, sobretudo a capacidade de adesão à superfície de mucosas e às células epiteliais, prevenindo a instalação de microrganismos potencialmente patogênicos (MAKINO et al., 2014).

Os benefícios desses microrganismos foram descritos, inicialmente, para o intestino, na prevenção e tratamento de diarréias e de outras patologias do sistema gastrointestinal (REBOLLEDO; ROJAS; SALGADO, 2013). No entanto, a literatura descreve, ainda, outros benefícios, como o fortalecimento do sistema imunitário (REBOLLEDO; ROJAS; SALGADO, 2013), menor sensibilidade à lactose, redução da prevalência de reações alérgicas, prevenção e redução do risco de certos cânceres e redução do colesterol (SHAH, 2007).

A influência dessas bactérias sobre a saúde bucal tem sido estudada, sobretudo como uma alternativa para a prevenção de cárie dentária (PINTO, 2011; BASTOS et al.,

2012). Acredita-se que outras patologias bucais também poderiam ser evitadas com o consumo desses alimentos, uma vez que sua utilização parece ser uma forma natural para manutenção da saúde e proteção dos tecidos bucais de doenças.

As principais doenças bucais são de origem infecciosa e afetam milhões de pessoas no mundo todo. A cárie dentária, a doença periodontal e a candidíase apresentam vários agentes etiológicos, entre eles os microrganismos *Streptococcus mutans*, *Porphyromonas gingivalis* e *Candida albicans*. Acredita-se que a ocorrência dessas patologias deverá aumentar na próxima década devido ao aumento da expectativa de vida das pessoas e o aumento de pacientes imunodeficientes (KOJIMA et al., 2016).

De acordo com Souza et al. (2011), há uma variedade de produtos carreadores de diferentes microrganismos probióticos capazes de reduzir a microbiota cariogênica da cavidade bucal e os alimentos funcionais podem ser uma alternativa viável para prevenir tais patologias. Os autores ressaltam, ainda, a necessidade de mais evidências sobre o assunto para que os cirurgiões dentistas possam indicar os probióticos com maior segurança.

2. Desenvolvimento

2.1 Efeitos de probióticos na saúde bucal

Na última década, pesquisadores discutiram a relevante aplicação de probióticos para fins de saúde bucal e os resultados têm sugerido que eles apresentam potencial para prevenção e tratamento de doenças bucais (VIVEKANANDA; VANDANA; BHAH, 2010; PINTO, 2011; JOSE; PADMANABHAN; CHITHARANJAN, 2013), como a cárie, patologias periodontais, halitose, candidíase e desmineralizações dentárias.

Estudos demonstram uma variedade de novas estratégias para eliminação seletiva de espécies bacterianas que são agentes etiológicos de doenças bucais (HERRERO et al., 2016), sendo os probióticos uma opção promissora (PINTO, 2011; BASTOS et al., 2012; PRITHIKASIMON; KARTHIKEYAN, 2014), uma vez que alternativas precisam ser criadas para superar a resistência bacteriana aos antibióticos.

Dentre as espécies bacterianas, as listadas como probióticas são *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei shirota*, *Lactobacillus casei* variedade *rhamnosus*, *Lactobacillus casei* variedade *defensis*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactococcus lactis*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium animalis* (incluindo a subespécie *Bifidobacterium lactis*), *Bifidobacterium longum* e *Enterococcus faecium* (BRASIL, 2008).

Entre os microrganismos probióticos, aqueles que pertencem aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* são os mais comumente utilizados comercialmente pela

indústria de alimentos (TRIPATHI; GIRI, 2014). Ambos são considerados dominantes do intestino humano e apresentam histórico de uso seguro, sendo conhecidos como GRAS (TRIPATHI; GIRI, 2014).

Para se obter resultados satisfatórios com o uso de probióticos, é necessário conhecer as melhores formas de administração e as dosagens para fins preventivos ou terapêuticos, uma vez que os probióticos não podem colonizar a cavidade oral de forma permanente e devem ser consumidos com frequência (ZAMBORI et al., 2014). De acordo com Meurman (2005), os microrganismos probióticos produzem metabólitos extracelulares como os ácidos, peróxido de hidrogênio, bacteriocinas e substâncias antimicrobianas de baixo peso molecular inibitórias do desenvolvimento de microrganismos potencialmente patogênicos.

As bacteriocinas consistem em peptídeos produzidos por determinadas bactérias que estão sendo estudadas por apresentarem potencial no tratamento e prevenção da cárie dentária (TONG et al., 2012). Elas são constituídas, normalmente, por 30 a 60 aminoácidos e apresentam potente atividade antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas, promovendo a lise da membrana de tais microrganismos (GARNEAU; MARTIN; VEDERAS, 2002).

Andersson; Hughes e Kubicek-Sutherland (2016) observaram que as bacteriocinas produzidas por *L. lactis* ssp. *lactis* ITAL 383 e CNRZ 150 apresentam um mecanismo de ação semelhante ao da nisina produzida por *L. lactis* ATCC 11454. Elas apresentaram efeito bactericida promovendo a lise de células de *Listeria innocua* LIN 11, sobretudo das células em fase exponencial de crescimento.

O efeito da bacteriocina PsVP-10, do triclosan e de clorexidina também foram objeto de estudo por Lobos; Padilla; Padilla (2009). Eles constataram um interessante efeito sinérgico quando utilizaram a bacteriocina associada à clorexidina, resultando em redução de microrganismos cariogênicos. O mecanismo de ação sugerido para tal efeito bactericida consistiu na formação de poros na membrana do potencial patógeno, o que facilitou a penetração da substância antimicrobiana clorexidina, ocasionando danos ao citoplasma e destruição celular.

De acordo com Burton et al. (2013), a estirpe *Streptococcus salivarius* M18 produz bacteriocinas contra espécies cariogênicas importantes, como *S. mutans*, além de produzirem dextranase e urease, enzimas com potencial para reduzir a acidificação do meio bucal, assim como diminuir o acúmulo de placa bacteriana nos dentes. Os autores concluíram que o consumo regular de *S. salivarius* M18 pode ser benéfico para a saúde bucal.

Microrganismos probióticos devem possuir resistência às operações de processamento e manter sua viabilidade durante o período de estocagem do produto para serem utilizados em alimentos com alegação de propriedade funcional (AKIN; AKIN; KIRMACI, 2007).

Um alimento funcional probiótico deve apresentar uma contagem de células viáveis de, pelo menos, 10^6 a 10^7 UFC.g⁻¹ (FAO, 2001), sendo recomendada ingestão diária de 10^8 a 10^9 UFC por dia (BRASIL, 2008; BANSAL et al., 2016). Valores inferiores podem ser aceitos, em relação à ingestão diária, desde que comprovada a eficácia do produto (BRASIL, 2008).

A documentação necessária para tal comprovação, de acordo com Brasil (2008), consiste em um laudo de análise do produto que demonstre a viabilidade mínima do microrganismo até o fim da vida de prateleira do produto, assim como o teste de resistência da cultura à acidez gástrica e aos sais biliares, por exemplo, que são condições adversas do trato gastrointestinal.

Sarmiento et al. (2016a) elaboraram queijo *petit suisse* acrescido de *L. casei* e farinha de banana verde e avaliaram a viabilidade do microrganismo probiótico no produto em diferentes tempos de armazenamento a 4°C. Os autores observaram que o queijo *petit suisse* foi uma matriz adequada para veicular *L. casei* com contagens entre 10^8 a 10^9 UFC.g⁻¹ durante toda a vida de prateleira do produto, sendo seu efeito sobre a saúde bucal um tema de interesse para trabalhos futuros. O quadro 1 e 2 apresenta alguns estudos, que têm sido realizados, a fim de discutir a forma apropriada de administração de probióticos na cavidade bucal (Quadro 1 e 2).

Microrganismos	Veículos	Resultados	Referências
<i>L. rhamnosus</i> GG	Leite	Redução de <i>S. mutans</i> e de cáries	NÄSE et al. (2001)
<i>L. rhamnosus</i> GG <i>L. rhamnosus</i> LC 705	Queijo	Redução do risco de altas contagens de <i>S. mutans</i> e de <i>Candida sp.</i> Redução de <i>S. mutans</i> no período pós-tratamento	AHOLA et al. (2002)
<i>L. reuteri</i>	logurte	Redução de <i>S. mutans</i>	NIKAWA et al. (2004)
<i>B. animalis</i> ssp. <i>lactis</i> DN- 173010	logurte de fruta	Redução de <i>S. mutans</i> . Não houve alteração de <i>Lactobacillus sp.</i>	CILDIR et al. (2009)
<i>L. rhamnosus</i> LB2	Leite fluoretado (2,5 mg de flúor.L ⁻¹)	Benefícios para a saúde. Prevenção de cáries.	STECKSÉN-BLICKS; SJÖSTRÖM; TWETMAN (2009)

Microrganismos	Veículos	Resultados	(Continuação) Referências
<i>L. rhamnosus</i> LB21	Leite	Não se observou diferença significativa na microbiota da saliva ou da placa bacteriana supragengival.	LEXNER et al. (2010)
<i>L. casei</i>	Queijo	Não houve diferença significativa entre grupos probiótico e placebo para contagens de <i>S. mutans</i> e <i>Lactobacillus</i> sp. Queijo probiótico foi efetivo em indivíduos que inicialmente apresentavam altas contagens de <i>S. mutans</i> ($>10^5$ UFC.mL ⁻¹).	MORTAZAVI; AKHLAGHI (2012)
Não especifica o microrganismo probiótico	Coalhada e dentifrício	Decréscimo na contagem de <i>S. mutans</i> na placa bacteriana ao redor de bráquetes ortodônticos, após período de consumo de ambos os produtos probióticos.	JOSE; PADMANABHAN; CHITHARANJAN (2013)
<i>B. animalis</i> subsp. <i>lactis</i> DN-173010	logurte	Contagens de <i>S. mutans</i> e de <i>Lactobacillus</i> sp. não alterou em pacientes ortodônticos, após consumo do produto.	PINTO et al. (2014)

Quadro 1 - Resumo de potenciais probióticos, veículos de base láctea utilizados e resultados encontrados em diferentes estudos.

Fonte: Autores

Microrganismos	Veículos	Resultados	Referências
<i>Lactobacillus</i> sp.	Líquidos ou cápsulas	Não houve alteração na contagem de <i>S. mutans</i> . Aumento de <i>Lactobacillus</i> sp. na saliva.	MONTALTO et al. (2004)
<i>L. reuteri</i> ATCC 55730	Canudo e comprimido	Redução de <i>S. mutans</i> após consumo de probióticos por meio de ambos os veículos. Não houve alteração na contagem de <i>Lactobacillus</i> sp.	CAGLAR et al. (2006)
<i>L. reuteri</i> ATCC 55730 e ATCC PTA 5289	Goma de mascar	Redução de citocinas pró-inflamatórias na cavidade oral.	TWETMAN et al. (2009)
Não especifica o microrganismo probiótico	Enxaguatório bucal	Produtos probióticos resultaram em menor acúmulo de placa bacteriana. Produto probiótico foi mais eficiente na redução da inflamação do que o produto com clorexidina.	HARINI; ANEGUNDI (2010)
<i>L. reuteri</i> (Prodentis) DSM17938 e ATCC PTA 5289	Pastilhas	Efeito anti-inflamatório. Redução da placa bacteriana. Antimicrobiano.	VIVEKANANDA ; VANDANA; BHAT (2010)

Microrganismos	Veículos	Resultados	(Continuação) Referências
<i>L. paracasei</i> GMNL-33	Comprimido	Redução de <i>S. mutans</i> no período pós-tratamento (após 2 semanas do consumo do probiótico).	CHUANG et al. (2011)
<i>L. reuteri</i> DSM 17938 <i>L. reuteri</i> ATCC PTA 5289	Goma de mascar	Redução do mau hálito - sugerido por escores sensoriais. Sugeriram que probióticos podem reduzir bactérias que produzem compostos voláteis sulfurados.	KELLER et al. (2012)
<i>L. reuteri</i> DSM 17938 e ATCC PTA 5289	Comprimido	Aumento significativo de <i>Lactobacillus</i> sp., após o período de consumo probiótico. Não houve alteração na contagem de <i>S. mutans</i> .	KELLER; TWETMAN (2012)
<i>L. rhamnosus</i> GG <i>L. reuteri</i>	Comprimido	Consumo de LGG e <i>L. reuteri</i> , provavelmente, não altera a acidogenicidade da placa bacteriana.	MARTTINEN et al. (2012)

Quadro 2 - Resumo de potenciais probióticos veiculados por produtos não lácteos e resultados encontrados em diferentes estudos.

Fonte: Autores

Bosch et al. (2012) isolaram e caracterizaram estirpes de bactérias lácticas da cavidade bucal de crianças saudáveis, que possuíam propriedades probióticas, como atividade antimicrobiana contra patógenos orais, capacidade de agregar e aderir aos tecidos orais e alta tolerância a fatores estressantes da cavidade bucal. A capacidade de produzir ácido láctico foi descartada em tais estirpes. Os resultados sugerem que pelo menos sete das bactérias lácticas isoladas apresentaram propriedades promissoras para serem utilizadas como potenciais probióticos, isoladamente ou como parte de uma fórmula para a melhoria da saúde bucal.

Sarmiento et al (2016b) avaliaram, por estudo *in vitro*, o potencial antagonista de *L. rhamnosus* ATCC 9595, *L. rhamnosus* ATCC 7469 e *L. paracasei* ATCC 335 frente ao crescimento dos microrganismos potencialmente patogênicos *S. mutans* ATCC 25175, *Streptococcus sobrinus* ATCC 27351, *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* ATCC 29522, *C. albicans* INCQS 40006 ATCC 10231, *C. albicans* INCQS 40260 ATCC 24433 e *Eikenella corrodens* ATCC 23834, relacionados com a instalação e desenvolvimento de doenças bucais como cárie, gengivite e candidíase. Constatou-se que *L. rhamnosus* ATCC 7469 inibiu com maior eficiência os microrganismos patogênicos avaliados, quando comparado às outras bactérias lácticas utilizadas no trabalho.

Koll et al. (2008), com o objetivo de caracterizar *Lactobacillus* sp. orais com propriedades probióticas, isolaram e identificaram 67 *Lactobacillus* sp. a partir de amostras de saliva e de amostras subgengivais de 11 indivíduos saudáveis. Foram testadas a atividade antimicrobiana contra patógenos orais, a capacidade de tolerar pH baixo, a presença de bile, a tolerância a lisozima e a sensibilidade a antibióticos. Os pesquisadores demonstraram que as estirpes de *Lactobacillus plantarum*, *L. paracasei*, *L. salivarius* e *L. rhamnosus* apresentaram alta atividade antimicrobiana e alta tolerância ao estresse da cavidade bucal. A maioria dos probióticos suprimiu o crescimento de *A. actinomycetemcomitans*, *P. gingivalis*, *Prevotella intermedia*, *S. mutans*, mas nenhum inibiu *C. albicans*. *Lactobacillus*, toleraram uma alta concentração de lisozima e, após quatro horas de incubação, o menor valor de pH tolerado foi de 2,5. Entretanto, essas bactérias não cresceram neste pH. Os resultados sugeriram que alguns *Lactobacillus* podem contribuir para a manutenção da saúde bucal.

A influência das bactérias probióticas na prevenção ou tratamento do mau hálito também tem sido motivo de pesquisas na área odontológica. Keller et al. (2012) avaliaram 25 adultos com relato de mau hálito pela manhã. Os mesmos foram instruídos a mastigar uma goma de manhã e uma à noite, contendo *L. reuteri* DSM 17938 ou *L. reuteri* ATCC PTA 5289 ou goma placebo. As pontuações sensoriais foram significativamente menores no grupo que consumiu o produto probiótico, em comparação com o grupo placebo, o que demonstrou que gomas de mascar probióticas podem ter algum efeito benéfico sobre as bactérias que produzem compostos voláteis sulfurados, responsável pelo mau hálito. Foi observado também que não houve efeitos colaterais adversos.

2.2 Potencial de bactérias probióticas na prevenção de lesões cariosas

A cárie dentária apresenta etiologia multifatorial e entre os fatores causais estão os microrganismos, essenciais para o desenvolvimento da lesão. *S. mutans* é considerado o principal responsável pela instalação do processo de cárie na cavidade bucal, sendo que as espécies *S. mutans* e *S. sobrinus* estão entre os microrganismos potencialmente cariogênicos em humanos. *Lactobacillus* sp. estão associados com a evolução da doença (LEITES; PINTO; SOUSA, 2006). Diversas outras patologias, além da cárie, podem ocorrer na cavidade bucal e microrganismos distintos estão entre os responsáveis pelo seu desenvolvimento.

A prevenção da cárie dentária ocorre por meio de uma eficiente higienização e da utilização de produtos fluorados, como o dentífrício, que interferem no processo de desmineralização-rem mineralização (DES-RE) da superfície do esmalte dentário. Outra forma

de abordar a prevenção da doença tem sido direcionado à modificação da ecologia do biofilme, sobretudo no que se refere a *S. mutans* (BEIGHTON, 2009).

Caglar et al. (2006) avaliaram o efeito da ingestão diária de *L. reuteri* ATCC 55730 nas contagens de *S. mutans* e *Lactobacillus* sp., com a utilização de dois veículos de administração diferentes, canudo e comprimido e verificaram redução de *S. mutans* em ambos os tratamentos em contraste com o grupo controle. Resultado semelhante foi encontrado por Çaglar et al. (2008), que observaram um decréscimo significativo na contagem de *S. mutans* da saliva após o consumo diário de sorvetes contendo *Bifidobacterium lactis* Bb-12 por 24 adultos saudáveis.

Caglar et al. (2007) compararam o efeito de gomas de mascar com xilitol e gomas probióticas sobre os microrganismos *S. mutans* e *Lactobacillus* sp. Um total de 80 indivíduos adultos participaram do ensaio e foram divididos em 4 grupos: (a) goma probiótica, (b) goma com xilitol, (c) goma probiótica e xilitol e (d) goma placebo. A frequência de uso foi três vezes por dia, três vezes por semana. As estirpes probióticas utilizadas foram *L. reuteri* ATCC 55730 e ATCC PTA 5289, ambas numa população de 10^8 UFC por goma. A mastigação diária da goma probiótica e da goma contendo xilitol reduziu a contagem de *S. mutans* de forma significativa, sendo que o mesmo não ocorreu no grupo controle ou no grupo em que associou-se xilitol e probiótico.

Um estudo realizado com 594 crianças de 1 a 6 anos, em 18 creches municipais constatou que o leite com *L. rhamnosus* GG apresentou um efeito positivo sobre o risco de cárie em crianças quando comparado com o leite normal. As crianças consumiram leite cinco dias por semana, nas creches, durante sete meses. A saúde bucal foi avaliada no início e no final do experimento, de acordo com critérios da Organização Mundial da Saúde. O risco de cárie foi calculado com base em dados clínicos e microbiológicos, compreendendo contagens de *S. mutans* da placa dental e saliva. Os resultados evidenciaram redução de cárie e menores contagens do potencial patógeno no final do estudo (NÄSE et al., 2001).

A administração de *S. salivarius* M18 também pode ser uma alternativa segura para prevenir o acúmulo de placa bacteriana em crianças. Os resultados demonstraram que, apesar de não ter havido uma redução na contagem de microrganismos específicos, um subgrupo que apresentou uma colonização persistente com *S. salivarius* M18 teve redução da contagem de *S. mutans*, o que indicou a melhoria da eficácia do probiótico a partir do seu consumo regular (BURTON et al., 2013).

Steckén-Blicks; Sjöström; Twetman (2009) concluíram que o consumo a longo prazo de leite adicionado de *L. rhamnosus* LB21 contendo 10^7 UFC.mL⁻¹ e 2,5 mg de

flúor.mL⁻¹ reduziu em torno de 75% a ocorrência de cárie em crianças pré-escolares. Além disso, observaram efeitos benéficos evidentes à saúde geral das crianças.

Aproximadamente um terço dos pacientes que fazem tratamento com aparelhos ortodônticos têm pelo menos uma lesão branca de desmineralização dentária (WILLMOT, 2008). Cerca de 25% dos pacientes submetidos a tratamento ortodôntico avaliados por Julien; Buschang; Campbell (2013) desenvolveram lesões de mancha branca. Apesar dos avanços na Odontologia e do desenvolvimento de aparelhos ortodônticos com *design* menos retentivo e de melhor qualidade, alternativas para evitar a ocorrência de desmineralizações dentárias são uma necessidade para pacientes e ortodontistas.

Jose, Padmanabhan e Chitharanjan (2013) compararam a eficácia do uso sistêmico e da aplicação tópica de produtos veiculadores de probióticos sobre a saúde bucal de pacientes ortodônticos. Os autores observaram uma redução significativa de *S. mutans* na placa bacteriana ao redor dos bráquetes nos pacientes que consumiram coalhada probiótica e no grupo que utilizou o dentifrício probiótico se comparados ao grupo controle, que não utilizou nenhum produto probiótico. O estudo mostrou que os probióticos podem controlar e prevenir desmineralizações dentárias em pacientes que utilizam aparelho ortodôntico.

Cildir et al. (2009) verificaram que *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* DN-173010 consumidos no iogurte de fruta por um curto período de tempo podem reduzir a densidade de *S. mutans* na saliva em pacientes submetidos a tratamento com aparelhos ortodônticos. Os autores não encontraram alterações significativas na contagem de *Lactobacillus*. Porém Pinto (2011) não encontrou redução significativa da contagem de *S. mutans* nos biofilmes dentários ou na saliva de pacientes ortodônticos que consumiram iogurte contendo o probiótico *B. animalis* subespécie *lactis* DN-1173010 por um período de duas semanas.

2.3 Influência dos probióticos na saúde periodontal

As doenças periodontais são classificadas em gengivites e periodontites. A gengivite caracteriza-se por inflamação das gengivas, enquanto que a periodontite consiste em uma doença progressiva, que afeta destrutivamente os tecidos de sustentação dos dentes (PRITHIKASIMON; KARTHIKEYAN, 2014). Além disso, a periodontite crônica está relacionada com o aumento do risco de ocorrência de doenças sistêmicas (HAJISHENGALLIS, 2015).

O processo patológico da doença periodontal é induzido por uma microbiota complexa, sobretudo *P. gingivalis*, *T. forsythia* e *T. denticola* com a produção de um

processo inflamatório acentuado (PRITHIKASIMON; KARTHIKEYAN, 2014), em resposta aos diferentes fatores de virulência que esses microrganismos apresentam e que agredem constantemente os tecidos de suporte. Dessa forma, a resposta imune do hospedeiro é um fator determinante na progressão da doença (HOULE; GRENIER, 2003).

P. gingivalis consiste em uma das bactérias bucais mais estudadas. Devido à propriedade sacarolítica, obtêm nutrientes a partir de pequenos peptídeos clivados de proteínas do hospedeiro e o uso de proteases ou outros fatores de virulência beneficia-o dentro de uma comunidade polimicrobiana (ZENOBIA; HAJISHENGALLIS, 2015).

A eliminação da placa bacteriana consiste no principal objetivo do tratamento convencional. No entanto novas abordagens capazes de modular a imunidade são necessárias para pacientes acometidos por periodontite agressiva e pela periodontite refratária ao tratamento convencional (HOULE; GRENIER, 2003).

A terapia pelo uso de probióticos consiste em impedir que a microbiota patogênica prevaleça e cause gengivite ou periodontite, além de serem capazes de modular a resposta imune local (DHAWAN; DHAWAN, 2013). A redução de determinados microrganismos relacionados com a doença periodontal ocorre devido ao potencial antagonista dos probióticos, seja pela inibição da adesão de patógenos, da colonização e formação de biofilme bacteriano, além da inibição do crescimento de bactérias patogênicas devido à produção de diversas substâncias, tais como bacteriocinas, ácidos orgânicos e peróxido de hidrogênio. Além disso, os probióticos tem efeito sobre a resposta imunológica do hospedeiro e podem inibir a produção de collagenases, reduzir a inflamação, prevenir a apoptose induzida por citocina, além de modular a resposta imune do indivíduo (PRITHIKASIMON; KARTHIKEYAN, 2014).

Assim, é possível considerar que, reduzindo-se a colonização de bactérias periodontopatogênicas, a cascata de reações imunoinflamatórias pode também ser menor, com menos danos aos tecidos e os probióticos possam contribuir como coadjuvante no tratamento da doença periodontal (MAKINO et al., 2014).

Vivekananda, Vandana e Bhat (2010) avaliaram os efeitos de *L. reuteri* isoladamente e em combinação com tratamento periodontal de raspagem e alisamento radicular. Para tal, dividiram a boca em quadrantes, nos quais os dois quadrantes direitos receberam a terapia de raspagem periodontal e os outros dois quadrantes esquerdos não. Foram fornecidas pastilhas contendo *L. reuteri* DSM17938 associado com *L. reuteri* PTA 5289 (Prodentis) com contagem de 10^8 UFC por pastilha de cada microrganismo ou as pastilhas placebo, ambas ingeridas duas vezes ao dia. Foram avaliados os parâmetros: índice de placa, índice gengival, índice de sangramento gengival, profundidade de sondagem, nível clínico de inserção e contagens microbiológicas dos patógenos *A.*

actinomycescomitans, *P. gingivalis* e *P. intermedia*. O estudo confirmou a redução de placa bacteriana, assim como efeitos anti-inflamatórios e antimicrobianos de *L. reuteri* (Prodentis) e considerou que, mediante os benefícios encontrados, tal probiótico pode contribuir como um coadjuvante ou como uma alternativa para o tratamento periodontal.

Para investigar o efeito de uma goma de mascar contendo bactérias probióticas sobre a inflamação gengival e nos níveis de mediadores inflamatórios no fluido crevicular gengival, Twetman et al. (2009) avaliaram 42 adultos saudáveis com inflamação gengival moderada. As gomas de mascar continham duas estirpes de *L. reuteri* ATCC 55730 e ATCC PTA 5289 com 10^8 UFC por goma, respectivamente. Os indivíduos foram instruídos a mastigar a goma durante 10 minutos, ao longo de duas semanas. Foi avaliado o sangramento à sondagem e realizada a amostragem do líquido crevicular no início do estudo e após uma, duas e quatro semanas. A redução de citocinas pró-inflamatórias no líquido crevicular demonstrou a ação do probiótico no combate à inflamação na cavidade oral.

Harini e Aneundi (2010) observaram que o enxaguatório bucal com probiótico reduziu o acúmulo de placa bacteriana e inflamação gengival em crianças, o que encorajou os autores a reconhecerem o valor terapêutico do produto e recomendaram mais estudos, sobretudo a longo prazo para determinar a sua eficácia.

2.4 Influência dos probióticos na prevenção e tratamento de candidíase na cavidade bucal

Entre as espécies de cândida, *C. albicans* é a encontrada com mais frequência na cavidade bucal e em outras regiões do corpo de indivíduos saudáveis (WECKWERTH et al., 2012). Ishikawa (2011) constatou que 37% dos indivíduos pesquisados apresentavam *Candida* sp., de forma subclínica, enquanto que, entre as espécies de Cândidas isoladas e identificadas em próteses dentárias por Martins et al. (2016), *C. albicans* foi o microrganismo encontrado com mais frequência (63%).

De acordo com Ohshima et al. (2016), os produtos simbióticos apresentam potencial terapêutico contra a candidíase. Os prebióticos atuam estimulando a multiplicação de microrganismos benéficos, em detrimento aos potenciais patógenos presentes na cavidade bucal e representam uma boa alternativa de prevenção e tratamento para esses pacientes (ISHIKAWA, 2011), enquanto que os probióticos desempenham proteção local contra agentes patogênicos e produzem um efeito indireto no fortalecimento da imunidade do hospedeiro. Enfim, produtos simbióticos são uma alternativa para a manutenção da saúde (OHSHIMA et al., 2016).

Ishikawa et al. (2015) avaliaram 59 indivíduos que apresentavam cãndida na cavidade bucal e eram usuários de prótese total. Os voluntários foram orientados a colocar o conteúdo de uma cápsula contendo *L. rhamnosus* HS111, *L. acidophilus* HS101 e *Bifidobacterium bifidum* diariamente na superfície palatina da prótese. O grupo controle recebeu cápsulas placebo. Amostras da mucosa foram avaliadas antes e após cinco semanas de tratamento e detectou-se cãndida em apenas 16,7% no grupo que recebeu probiótico, enquanto que o grupo controle apresentou 92%. Os autores sugeriram que o produto pode representar um tratamento alternativo contra *Candida* ssp. para usuários de próteses.

3. Conclusões e perspectivas

A literatura pesquisada aponta resultados encorajadores com relação à redução da densidade microbiana de potenciais patógenos envolvidos na etiologia de doenças bucais. Probióticos consistem em uma alternativa em potencial para prevenção e terapia de patologias bucais. Espera-se que novos trabalhos sejam realizados para se determinar a forma mais adequada para administrá-los à cavidade oral, bem como definir o probiótico mais indicado para esse fim.

Referências

AKIN, M. B.; AKIN, M. S.; KIRMACI, Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. **Food Chemistry**, v. 104, p. 93-99, 2007.

AHOLA, A. J.; KNUUTTILA, H. Y.; SUOMALAINEN, T.; POUSSA, T.; AHLSTRÖM, A.; MEURMAN, J. H.; KORPELA, R. Short-term consumption of probiotic containing cheese and its effect on dental caries risk factors. **Archives of Oral Biology**, v. 47, p. 799-804, 2002.

ANDERSSON, D. I.; HUGHES, D.; KUBICEK-SUTHERLAND, J. Z. Mechanisms and consequences of bacterial resistance to antimicrobial peptides. **Drug Resistance Updates**, v. 26, p. 43–57, 2016.

BANSAL, S.; MANGAL, M.; SHARMA, S. K.; YADAV, D. N.; GUPTA, R. K. Optimization of process conditions for developing yoghurt like probiotic product from peanut. **LWT - Food Science and Technology**, v. 73, p. 6-12, 2016.

BASTOS, E. M.; BRITO, F.; SILVA, R. M. da S.; FISHER, R. G.; FIGUEREDO, C. M. da S. Probióticos na terapia periodontal. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 69, n. 2, p. 224-227, 2012.

BEIGHTON, D. Can the ecology of the dental biofilm be beneficially altered?. **Advances in Dental Research**, v. 21, n. 1, p. 69-73, 2009.

BOSCH, M.; NART, J.; AUDIVERT, S.; BONACHERA, M. A.; ALEMANY, A. S.; FUENTES, M. C.; CUN, J. Isolation and characterization of probiotic strains for improving oral health. **Archives of oral biology**, v. 57, p. 539–549, 2012.

BRASIL. Lista de alegações de propriedade funcional aprovadas. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Alimentos/Assuntos+de+Interesse/Alimentos+Com+Alegacoes+de+Propriedades+Funcionais+e+ou+de+Saude/Alegacoes+de+propriedade+funcional+aprovadas>>. Acesso em: 10 de out. de 2014.

BURTON, J. P.; DRUMMOND, B. K.; CHILCOTT, C. N.; TAGG, J. R.; THOMSON, W. M.; HALE, J.D.F.; WESCOMBE, P. A. Influence of the probiotic *Streptococcus salivarius* strain M18 on indices of dental health in children: a randomized double-blind, placebo-controlled trial. **Journal of Medical Microbiology**, v. 62, p. 875–884, 2013.

CAGLAR, E.; CILDIR, S. K.; ERGENELI, S.; SANDALLI, N.; TWETMAN, S. Salivary mutans streptococci and lactobacilli levels after ingestion of the probiotic bacterium *Lactobacillus reuteri* ATCC 55730 by straws or tablets. **Acta Odontologica Scandinavica**, v. 64, p. 314-318, 2006.

CAGLAR, E.; KAVALOGLU, S. C.; KUSCU, O. O.; SANDALLI, N.; HOLGERSON, P. L.; TWETMAN, S. Effect of chewing gums containing xylitol or probiotic bacteria on salivary mutans streptococci and lactobacilli. **Clinical Oral Investigations**, v.11, p. 425-429, 2007.

ÇAGLAR, E.; KUSCU, O. O.; KUVVETLI, S. S.; CILDIR, S. K.; SANDALLI, N.; TWETMAN, S. Short-term effect of ice cream containing *Bifidobacterium lactis* Bb-12 on the number of salivary mutans streptococci and lactobacilli. **Acta Odontologica Scandinavica**, v. 66, p.154-158, 2008.

CHUANG, L. C.; HUANG, C. S.; OU-YANG, L. W.; LIN, S. Y. Probiotic *Lactobacillus paracasei* effect on cariogenic bacterial flora. **Clinical Oral Investigations**, v.15, p. 471-476, 2011.

CILDIR, S. K.; GERMEC, D.; SANDALLI, N.; OZDEMIR, F. I.; ARUN, T.; TWETMAN, S.; CAGLAR, E. Reduction of salivary mutans streptococci in orthodontic patients during daily consumption of yoghurt containing probiotic bacteria. **The European Journal of Orthodontics**, v. 31, p. 407-411, 2009.

DHAWAN, R.; DHAWAN, S. Role of probiotics on oral health: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. **Journal of Interdisciplinary Dentistry**, v. 3, n. 2, p. 71-78, 2013.

FAO/WHO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS/WORLD

HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of Health and Nutritional Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria**. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Córdoba, 2001.

GARNEAU, S.; MARTIN, N. I.; VEDERAS, J. C. Two-peptide bacteriocins produced by lactic acid bacteria. **Biochimie**, v. 8, n. 5-6, p. 577-592, 2002.

HAJISHENGALLIS, G. Periodontitis: from microbial immune subversion to systemic inflammation. **Nature Reviews Immunology**, v. 15, n. 1, p. 30-44, 2015.

HARINI, P. M.; ANEGUNDI, R. T. Efficacy of a probiotic and chlorhexidine mouth rinses: a short-term clinical study. **Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry**, v. 28, n. 3, p.179-182, 2010.

HERRERO, E. R.; SLOMKA, V.; BERNAERTS, K; BOON, N.; HERNANDEZ-SANABRIA, E.; PASSONI, B. B.; QUIRYNEN, M.; TEUGHELIS, W. Antimicrobial effects of commensal oral species are regulated by environmental factors. **Journal of dentistry**, v. 47, p. 23–33, 2016.

HOULE, M. A.; GRENIER, D. Maladies parodontales: connaissances actuelles. Current concepts in periodontal diseases. **Médecine et Maladies Infectieuses**, v. 33, n. 7, p. 331-340, 2003.

ISHIKAWA, K. H. **Utilização de probióticos para o controle da prevalência de *Candida* oral em pacientes edentados totais**. 2011. 151 p. Tese (Doutorado em Ciências Odontológicas) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ISHIKAWA, K. H.; MAYER, M. P. A.; MIYAZIMA, T. Y.; MATSUBARA, V. H.; SILVA, E. G.; PAULA, C. R.; CAMPOS, T.T.; NAKAMAE, A. E. M. A multispecies probiotic reduces oral *Candida* colonization in denture wearers. **Journal of Prosthodontics**, v. 24, n. 3, p. 194-199, 2015.

JOSE, J. E.; PADMANABHAN, S.; CHITHARANJAN, A. B. Systemic consumption of probiotic curd and use of probiotic toothpaste to reduce *Streptococcus mutans* in plaque around orthodontic brackets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 144, p. 67-72, 2013.

JULIEN, K. C.; BUSCHANG, P. H.; CAMPBELL, P. M. Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. **The Angle Orthodontist**, v. 83, n. 4, p. 641-647, 2013.

KELLER, M. K; BARDOW, A.; JENSDOTTIR, T.; LYKKEAA, J.; TWETMAN, S. Effect of chewing gums containing the probiotic bacterium *Lactobacillus reuteri* on oral malodour. **Acta Odontol Scand**, v. 70, p. 246-250, 2012.

KELLER, M. K.; TWETMAN, S. Acid production in dental plaque after exposure to probiotic bacteria. **BMC Oral Health**, v. 12, n. 44, p. 2-6, 2012.

KOJIMA, Y; OHSHIMA, T.; SENEVIRATNE, C. J.; MAEDA, N. Combining prebiotics and probiotics to develop novel synbiotics that suppress oral pathogens. **Journal of Oral Biosciences**, v. 58, p. 27–32, 2016.

KOLL, P.; MANDAR, R.; MARCOTTE, H.; LEIBUR, E.; MIKELSAAR, M.; HAMMARSTROM, L. Characterization of oral lactobacilli as potential probiotics for oral health. **Oral Microbiol Immunol**, v. 23, p. 139–147, 2008.

LEITES, A. C. B. R.; PINTO, M. B.; SOUSA, E. R. de S. Aspectos microbiológicos da cárie dental. **Salusvita**, v. 25, n. 2, p. 239- 252, 2006.

LEXNER, M. O.; BLOMQUIST, S.; DAHLÉN, G.; TWETMAN, S. Microbiological profiles in saliva and supragingival plaque from caries-active adolescents before and after a short-term intake of milk supplemented with probiotic bacteria: a pilot study. **Oral Health e Preventive Dentistry**, v. 8, p. 383-388, 2010.

LILLY, D. M.; STILLWELL, R. H. Probiotics: Growth-Promoting Factors Produced by Microorganisms. **Science**, v. 147, n. 3659, p. 747-748, 1965.

LOBOS, O.; PADILLA, A.; PADILLA, C. *In vitro* antimicrobial effect of bacteriocin PsVP-10 in combination with chlorhexidine and triclosan against *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus* strains. **Archives of oral biology**, v. 54, p. 230-234, 2009.

MAKINO, L. E. dos S.; PERALTA, F. da S.; SCHERMA, A. P.; SILVA, C. R. G. e; LEÃO, M. V. P.; SANTOS, S. S. F. dos. Avaliação *in vitro* da influência de *Lactobacillus casei* na aderência de enterobacter cloacae em células epiteliais da mucosa jugal. **Brazilian Journal of Periodontology**, v. 24, n. 4, p. 15-21, 2014.

MARTTINEN, A.; HAUKIOJA, A.; KARJALAINEN, S.; NYLUND, L.; SATOKARI, R.; ÖHMAN, C.; HOLGERSON, P.; TWETMAN, S.; SÖDERLING, E. Short-term consumption of probiotic lactobacilli has no effect on acid production of supragingival plaque. **Clinical Oral Investigations**, v. 16, n. 3, p. 797-803, 2012.

MARTINS, C. H. G.; PIRES, R. H.; CUNHA, A. O.; PEREIRA, C. A. M.; SINGULANI, J. L.; ABRÃO, F.; MORAES, T. DE; MENDES-GIANNINI, M. J. S. Candida/Candida biofilms. First description of dual-species *Candida albicans*/*C. rugosa* biofilm. **Fungal biology**, v.120, p.530-537, 2016.

MEURMAN J. H. Probiotics: do they have a role in oral medicine and dentistry? **European Journal Oral Sciences**, v. 113, p. 188-196, 2005.

MONTALTO, M.; VASTOLA, M.; MARIGO, L.; COVINO, M.; GRAZIOSETTO, R.; CURIGLIANO, V.; SANTORO, L.; CUOCO, L.; MANNA, R.; GASBARRINI, G. Probiotic treatment increases salivary counts of lactobacilli: a double-blind, randomized, controlled study. **Digestion**, v.69, p. 53-56, 2004.

MORTAZAVI, S.; AKHLAGHI, N. Salivary *Streptococcus mutans* and *Lactobacilli* levels following probiotic cheese consumption in adults: A double blind randomized clinical trial. **International Journal of Research in Medical Sciences**, v. 17, n. 1, p. 57-66, 2012.

NÄSE, L.; HATAKKA, K.; SAVILAHTI, E.; SAXELIN, M.; PÖNKÄ, E.; KORPELA, R. MEURMEN, J. H. Effect of long-term consumption of a probiotic bacterium, *Lactobacillus rhamnosus* GG, in milk on dental caries and caries risk in children. **Caries Research**, v. 35, p. 412-420, 2001.

NIKAWA, H.; MAKIHIRA, S., FUKUSHIMA, H.; AIMI, R.; NISHIMURA, H.; OZAKI, Y; ISHIDA, K.; DARMAWAN, S.; HAMADA, T; HARA, K; MATSUMOTO, T; TAKEMOTO, T. *Lactobacillus Reuteri* in bovine milk fermented decreases the oral carriage of mutans streptococci. **International Journal of Food Microbiology**, v. 95, n. 2, p. 219-23, 2004.

OHSHIMA, T.; KOJIMA, Y.; SENEVIRATNE, J. C.; MAEDA, N. Therapeutic application of synbiotics, a fusion of probiotics and prebiotics, and biogenics as a new concept for oral *Candida* Infections: a mini review. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, n. 10, p. 1-8, 2016.

PRITHIKASIMON, C.; KARTHIKEYAN. Probiotics in Periodontology. **Journal of Dental and Medical Sciences**, v. 13, p. 103-105, 2014.

PINTO, G. dos S. **Associação entre uso do iogurte contendo probióticos e a redução de Estreptococos do grupo mutans em pacientes sob tratamento ortodôntico**. 2011. 79f. Dissertação (Mestrado em Pediatria e Saúde da Criança) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina, Porto Alegre, 2011.

PINTO, G. S.; CENCI, M. S.; AZEVEDO, M. S.; EPIFANIO, M.; JONES, M. H. Effect of yogurt containing *Bifidobacterium animalis* subsp *lactis* DN-173010 probiotic on dental plaque and saliva in orthodontic patients. **Caries Research**, v. 48, n. 1, p. 63-68, 2014.

SARMENTO, E. G.; MARTINS, A. D. O.; CESAR, D. E.; GÓIS, E. G. O.; DEL'DUCA, A.; MARTINS, M. L.; MARTINS, E. M. F.; CAMPOS, A. N. R. Viabilidade de potencial probiótico em peitit suisse. In: III SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SUDESTE DE MINAS GERAIS, Rio Pomba, 2016. **Anais do III SIMEPE**. Rio Pomba: IF Sudeste MG, 2016a. p. 249.

SARMENTO, E. G.; MARTINS, A. D. O.; CESAR, D. E.; MARTINS, E. M. F.; MARTINS, M. L.; CAMPOS, A. N. R. Potencial antagonista de bactérias lácticas frente a microrganismos patogênicos bucais. In: XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, Gramado. 2016. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gramado, 2016b.

SHAH, N. P. Functional cultures and health benefits. **International Dairy Journal**, v. 17, p. 1262-1277, 2007.

SOUZA, C. de V. A. de.; JUNIOR, R. H.; UZEDA, M. de; WEYNE, S. de C. Efeitos do consumo diário de probiótico sobre a microbiota cariogênica. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 68, n.1, p. 128-131, 2011.

STECKSÉN-BLICKS, C.; SJÖSTRÖM, I.; TWETMAN, S. Effect of long-term consumption of milk supplemented with probiotic lactobacilli and fluoride on dental caries and general health in preschool children: a cluster-randomized study. **Caries Research**, v. 43; p. 374-381, 2009.

TONG, Z.; LIN, Z.; LI, J.; KUANG, R.; LIN, Y.; NI, L. An *in vitro* investigation of *Lactococcus lactis* antagonizing cariogenic bacterium *Streptococcus mutans*. **Archives of oral biology**, v. 57, p. 376-382, 2012.

TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v. 9, p. 225-241, 2014.

TWETMAN, S.; DERAWI, B.; KELLER, M.; EKSTRAND, K.; YUCEL-LINDBERG, T.; STECKSEN-BLICKS, C. Short-term effect of chewing gums containing probiotic *Lactobacillus reuteri* on the levels of inflammatory mediators in gingival crevicular fluid. **Acta Odontologica Scandinavica**, v.67, p.19-24, 2009.

VIVEKANANDA, M. R.; VANDANA, K. L.; BHAT, K. G. Effect of the probiotic *Lactobacilli reuteri* (Prodentis) in the management of periodontal disease: a preliminary randomized clinical trial. **Journal of Oral Microbiology**, v. 2, 2010. Disponível em: <http://www.pharmaforte.com.sg/images/pdf/2010%20Vivekananda_Effect%20of%20the%20probiotic%20Lactobacilli%20reuteri%20Prodentis%20in%20the%20management%20of%20periodontal%20disease.pdf> . Acesso em: 11 dez. 2016.

WECKWERTH, P.H.; CARNIETTO, C.; WECKWERTH, A. V. B.; DUARTE, M.A.H.; KUGA, M.C.; VIVAN, R. R. *In vitro* susceptibility of oral *Candida albicans* strains to different pH levels and calcium hydroxide saturated aqueous solution. **Brazilian Dental Journal**, v. 23, n. 3, p.192-198, 2012.

WILLMOT, D. White Spot Lesions After Orthodontic Treatment. **Seminars in Orthodontics**, v. 14, n. 3, p. 209-219, 2008.

WORLD GASTROENTEROLOGY ORGANISATION. **Diretrizes Mundiais da Organização Mundial de Gastroenterologia - Probióticos e prebióticos**, 2011. 29p.

ZAMBORI, C.; CUMPANASOIU, C.; DANIELA, M.; HUTU, I.; GURBAN, C.; TÎRZIU E. The antimicrobial role of probiotics in the oral cavity in humans and dogs. **Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies**, v. 47, p. 126-130, 2014.

ZENOBIA, C; E HAJISHENGALLIS, G. Porphyromonas gingivalis virulence factors involved in subversion of leukocytes and microbial dysbiosis. **Virulence**, v. 6, n. 3, p.236-243, 2015.

CAPÍTULO 2- UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS CAD PARA O DIAGNÓSTICO DO CÂNCER DE MAMA

Lucas Grassano Lattari
Matheus de Freitas Oliveira Baffa

1. Introdução

O câncer é um termo que se refere a um conjunto de doenças que podem afetar diversas partes do corpo. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2017), o câncer é definido como a divisão descontrolada de células anormais cujo potencial de invadir outras partes do corpo é considerável.

Os tumores podem ser classificados de diferentes maneiras. Uma classificação comumente aplicada é em relação ao seu potencial de invadir tecidos próximos, denominada *metástase*. O tumor do tipo benigno é composto por células semelhantes às que o originaram e não possuem capacidade de realizar a metástase. Os tumores malignos, ou o câncer propriamente dito, ocasionam uma alteração genética, levando a um descontrole agressivo no seu crescimento além de lhes conceder a capacidade de invadir outros tecidos.

A mama é composta por glândulas chamadas de *lóbulos*, estrutura que produz o leite materno e o transporta até os *ductos*. Os *ductos* possuem uma estrutura similar a um tubo fino que conecta os lóbulos até o mamilo. Além dessas duas estruturas, as mamas também são compostas por gordura, nódulos linfáticos e vasos sanguíneos.

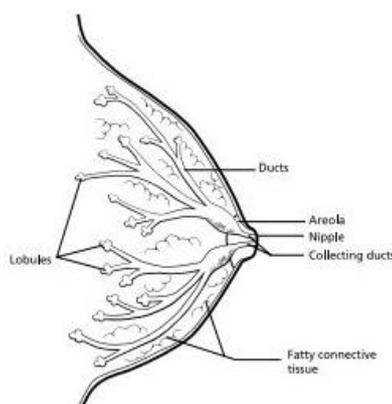


Figura 1 - Estruturas que compõem a mama. Fonte: American Cancer Society.

O câncer de mama é um tumor localizado na região das mamas, podendo ocorrer frequentemente em mulheres e também em homens acima de 50 anos. O tipo mais frequente de câncer de mama é o *carcinoma ductal* que começa nas células dos ductos. O *carcinoma ductal in situ* é uma condição na qual as células anormais são encontradas nas

paredes dos ductos sem se disseminar para seu exterior. Quando o tumor é formado na estrutura lobular, dizemos que este tumor é um *Carcinoma Lobular*. O câncer de mama do tipo *invasivo*, por sua vez, contém células oriundas da estrutura ductal ou da estrutura lobular e que invadem outros tecidos. O câncer de mama do tipo *inflamatório* é menos frequente, correspondendo a 1 – 3% dos casos registrados. Neste caso, as mamas se apresentam inchadas, avermelhadas e com um aspecto de “casca de laranja”.

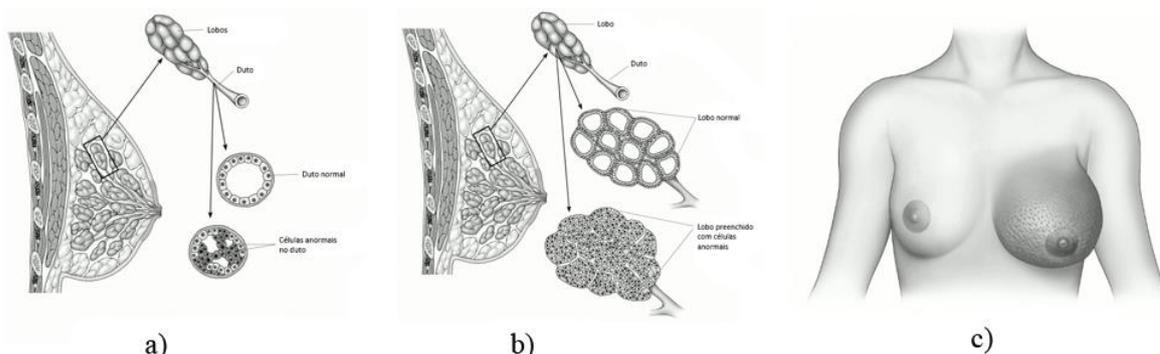


Figura 2 - Tipos de câncer de mama. Em a) Carcinoma ductal in situ; Em b) Carcinoma lobular in situ; Em c) Câncer de Mama Inflamatório.

Fonte: American Cancer Society.

Para o ano de 2016, o Instituto Nacional do Câncer (INCA) prevê um total de 57.960 novos casos de câncer somente no Brasil. Dos novos casos, estima-se que 28% serão de mama. Essa doença afeta homens e mulheres das mais diversas idades, sendo mais frequente em mulheres acima dos 50 anos. De acordo com uma pesquisa divulgada pelo INCA, estima-se que o câncer de mama foi responsável pela morte de, aproximadamente, 14 mil mulheres no ano de 2013 (INCA, 2017).

Em Minas Gerais os números também são alarmantes. De acordo com a Secretaria de Saúde do Estado de Minas Gerais, o INCA prevê 5.160 novos casos de câncer de mama, com uma taxa de incidência de 48,19 para cada grupo de 100 mil mulheres do estado mencionado. Destas, o câncer de mama é o mais comum do estado (MINAS GERAIS, 2017).

A detecção precoce do câncer é uma das frentes necessárias para a redução de incidências fatais da doença. De acordo com o (HOSPITAL DO CÂNCER DE BARRETOS, 2017), calcula-se em média que pacientes diagnosticados no início do desenvolvimento do tumor podem ter até 95% de chance de cura. O INCA também divulgou que não há apenas uma causa para a doença, mas sim diversos fatores que desencadeiam o câncer, desde questões genéticas, hormonais e ambientais.

Atualmente, existem diversas formas de se diagnosticar o câncer de mama. Um exemplo a ser considerado é o autoexame, em que a própria paciente verifica se há alguma anomalia, como a presença de caroços, ondulações, alterações no mamilo, na pele ou até mesmo assimetria no formato das mamas. Outra forma de diagnóstico é através de exames baseados em análise de imagens, em que o médico responsável pela paciente analisa a presença de alguma anomalia. Dos exames de imagens, podemos destacar a mamografia, o exame de ressonância magnética e o ultrassom.

Realizada em um aparelho conhecido como mamógrafo, a mamografia é um tipo de radiografia espacial. De acordo com o Instituto Neo Mama, o mais recente avanço da mamografia é a mamografia digital, em que, por meio da sintetização por computadores, é produzida uma imagem digital do tecido mamário utilizando raios X. Ao se considerar uma revisão da literatura realizada por Amalu (2006), observa-se que a média da sensibilidade e especificidade da mamografia é de 80% e 79%, respectivamente, em mulheres acima dos 50 anos. É reportada também uma diminuição dessas taxas conforme a idade da paciente diminui. Um ponto negativo dos exames de mamografias é a utilização em pacientes com alta densidade mamária, fazendo com que seu resultado seja bastante difícil de interpretar, requerendo mais exames de imagens.

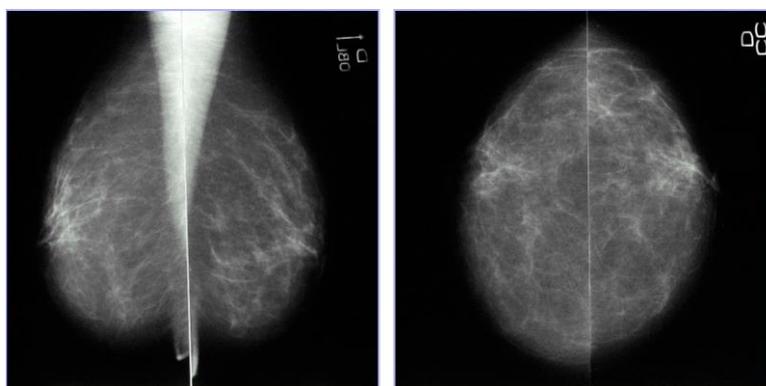


Figura 3 - Exemplo de exames de mamografia.

Fonte: http://radiologiapontocom.blogspot.com.br/2013/02/bi-rads_21.html.

O exame de ressonância magnética é um método muito sensível de diagnóstico por imagem. Sua aplicação visa pacientes com médio ou alto risco para o desenvolvimento de câncer, antecedência familiar e mamas muito densas. Por permitir identificar diferentes focos de câncer ocultos na mama, a *American Cancer Society* recomenda que todos os pacientes diagnosticados com câncer devam se submeter a esse exame de imagem. De acordo com Kriege (2004), a RM possui 95% de sensibilidade e a ressonância magnética não é influenciada pela densidade mamária. No entanto, sua especificidade é variável e possui um custo elevado para a sua realização.

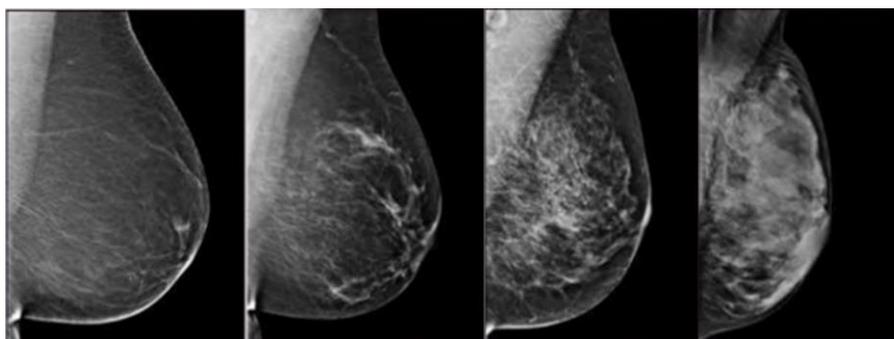


Figura 4 - Exemplo de exames de Ressonância Magnética.
Fonte: American Cancer Society.

Além dos exames de imagens supracitados, o uso de imagens infravermelhas da mama tem se mostrado muito promissor, sendo um método empregado por vários pesquisadores para detectar diferentes anomalias mamárias. A termografia é um exame realizado utilizando radiação infravermelha. Na natureza, todos os objetos, cuja temperatura é maior do que o zero absoluto, emitem radiação infravermelha. O corpo humano, em especial, irradia uma quantidade considerável de energia térmica através da sua superfície.

A imagem infravermelha é composta pela captação da radiação emitida pela superfície do corpo, a qual é adquirida através de uma câmera com sensor infravermelho (ou câmera térmica), a uma faixa de frequência infravermelha do espectro eletromagnético e as converte em uma faixa visível ao olho humano, através de uma escala de cores indicada pela empresa desenvolvedora da câmera.



Figura 5 - Exemplos de Termografias.
Fonte: Database For Mastology Research (DMR-UFF) - VisualLab/UFF.

A detecção da anomalia através das imagens infravermelhas se dá através da assimetria da distribuição térmica causada por três fatores, que são: a alta atividade metabólica das células cancerígenas; o processo de angiogênese, através do qual o corpo desenvolve novos vasos sanguíneos a fim de nutrir tais células; e o processo de

vasodilatação estimulado pelas células cancerígenas ou pré-cancerígenas através da liberação de óxido nítrico.

Segundo Gore e Xu (2014), o corpo humano possui uma simetria em relação a sua distribuição térmica sob o eixo sagital, mantendo temperaturas regulares mesmo após intensos períodos de observação. Se houver uma acentuada assimetria térmica entre as mamas, este pode ser um importante indício de que alguma anomalia está presente.

O processo de desenvolvimento de novos vasos sanguíneos a fim de nutrir as células cancerígenas é chamado de *angiogênese*. Este processo é incitado pelas células cancerígenas e pré-cancerígenas devido à necessidade de entrega de nutrientes para as células que estão em desenvolvimento.

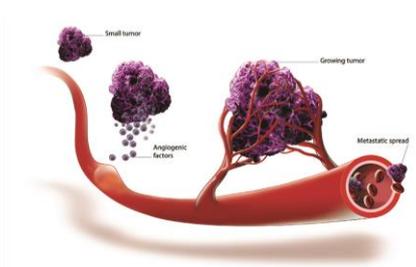


Figura 6 - Processo de Angiogênese Tumoral.

Fonte: Google Imagens.

A grande evidência que justifica o uso de imagens infravermelhas no diagnóstico de anomalias na mama é a alteração térmica local causada pela atividade metabólica das células cancerígenas. De acordo com Amalu (2006), para manter o ritmo de crescimento das células e incitar o desenvolvimento vascular local, a atividade metabólica das células cancerígenas é relativamente alta quando comparadas às células normais.

Em 1994, Anbar e seu grupo de pesquisadores detectaram que pequenos tumores produziam uma quantidade considerável de óxido nítrico (NO), um gás solúvel altamente lipofílico, cuja função inclui provocar a vasodilatação, fazendo, assim, com que a região, na qual o tumor está presente, mesmo em tamanhos pequenos, produza calor mais acentuado do que o padrão.

Um trabalho desenvolvido por Arora et al. (2008) mostrou um experimento envolvendo 92 voluntários, no qual foi verificada a eficácia da termografia como exame de detecção de determinados tipos de câncer de mama. Ao todo foram feitos 94 exames de biópsia e dentre elas 60 foram benignas enquanto as outras 34 foram malignas. Os resultados dos experimentos apontaram um total de 97% de sensibilidade e 44% de especificidade. Ao final do experimento, o autor conclui que o uso de imagens

infravermelhas é um método importante para ser considerado em conjunto com exames de mamografia e ultrassom.

Além de mais barato, custando aproximadamente 10% do valor da mamografia, a termografia é um método muito pouco invasivo, podendo ser realizado facilmente em consultórios pequenos e lugares mais remotos ou com poucos recursos hospitalares. A Tabela 1, desenvolvida por Resmini (2011), apresenta uma comparação entre os exames de imagens disponíveis, atualmente, no mercado.

Tabela 1 - Comparação entre os exames de imagens utilizados no diagnóstico do câncer de mama.

Exame	TERMOGRAFIA	MAMOGRAFIA	ULTRASSOM	RM
Tipo	func.	estr.	estr. e func.	estr. e func.
Invasivo	Não	Muito	muito pouco	pouco
Funcionamento	captura os níveis de radiação normalmente emitida pela pele	emite radiação ionizante	emite e captura ondas de ultrassom	gera um campo magnético que atua nos elétrons de H+
Desconforto	mama desnuda	compressão da mama, prótese, dor	mama desnuda com gel	aplicação de contraste (se funcional)
Contra indicações	mede somente a temperatura da superfície da mama	não indicado quando a mama for densa (jovens)	muito dependente do operador	se for alérgico ao contraste ou fóbico
Tipo de Imagens	registra o mapa térmico da pele da mama representado em uma imagem em <i>false color</i>	destaca as estruturas e as calcificações internas da mama. Há perda de qualidade da imagem quando a paciente tem prótese	destaca estruturas e fluxos de líquidos	destaca estruturas e fluxo sanguíneo
Custo	X	100x	100x	1000x

Fonte: (Resmini 2011)

Sistemas de diagnóstico guiados por computador (*Computer-Aided Diagnosis - CAD*) são compostos por duas etapas: o pré-processamento dos dados e um algoritmo de detecção de padrões. Em imagens infravermelhas, a etapa de pré-processamento dos dados é realizada através do processamento de imagens advindas dos sensores de uma câmera térmica, enquanto a etapa de detecção de padrões utiliza algoritmos classificadores a fim de agrupar as imagens quanto ao seu potencial de anomalia.

Na etapa de processamento da imagem, são utilizadas diferentes técnicas a fim de selecionar a melhor informação a ser enviada à etapa de classificação do conteúdo visual das imagens. Geralmente nesta etapa são utilizados algoritmos de segmentação da região de interesse (ROI), etapa similar à etapa de pré-processamento de uma base de dados.

Uma vez selecionada a informação necessária para análise, são utilizados algoritmos de aprendizado de máquina a fim de classificar, extrair informação ou gerar novos conhecimentos acerca da base de dados. Nesta etapa, algoritmos de aprendizado de máquina bio-inspirados, como as Redes Neurais Artificiais (RNA), são utilizados devido ao seu alto potencial em lidar com problemas complexos desta natureza.

Com início em 2013 no Departamento Acadêmico da Ciência da Computação (DACC), o projeto de diagnóstico do câncer de mama já adquiriu uma notória aceitação da comunidade acadêmica do *campus* Rio Pomba e de universidades parceiras. Na Tabela 2 apresentamos os projetos já desenvolvidos no *campus* e os que estão sendo desenvolvidos.

Este trabalho visa fazer um estudo sobre o atual estado da arte da área de desenvolvimento de metodologias para o processamento e análise de imagens infravermelhas da mama e comparar os trabalhos desenvolvidos no *campus Rio Pomba* com outros existentes na literatura, sempre observando a importância da nossa contribuição científica.

2. Trabalhos relacionados

Para o desenvolvimento do sistema que auxilia médicos no diagnóstico do câncer de mama, são necessárias duas etapas: a segmentação como etapa de pré-processamento dos dados e a classificação das informações baseadas em seu conteúdo visual. Nesta seção, será abordado o atual estado da arte de pesquisas relacionadas à classificação e à segmentação de imagens infravermelhas utilizadas no diagnóstico de anomalias das mamas.

Tabela 2 - Trabalhos desenvolvidos no *campus* Rio Pomba.

Projeto	Tipo	Ano de Execução	Publicações
Segmentação de Imagens Médicas Semi-Supervisionadas Utilizando Aprendizado de Máquina	Iniciação Científica	013	- XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação - II Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão - Revista de Informática Aplicada
Um Método Para a Segmentação Não Supervisionada de Mamas em Imagens Térmicas	Trabalho de Conclusão de Curso	015	
Uma Metodologia para Detecção de Anomalias da Mamas Utilizando Aprendizagem Profunda	Iniciação Científica	016	-Artigo em desenvolvimento para submissão ao SIBGRAPI - Conference on Graphics, Patterns and Images
Segmentação de Imagens Térmicas da Mama Utilizando Protocolo Lateral*	Iniciação Científica	017	
Uma Metodologia para Classificação de Imagens Térmicas da Mama Utilizando Protocolo Lateral*	Iniciação Científica	017	
Uma Metodologia para Classificação de Imagens Infravermelhas da Mama Utilizando Dimensões Fractais*	Iniciação Científica	017	

*Projetos previstos para serem submetidos este ano.

2.1 Segmentação de imagens

2.1.1 Motta, L. S.

O trabalho de Motta (2010) foi apresentado à sua banca de mestrado na Universidade Federal Fluminense como uma proposta para a segmentação automática das mamas. Em seu trabalho, ele desenvolveu um algoritmo utilizando as seguintes técnicas de

processamento de imagens: morfologia matemática, detecção de contornos de Canny, detecção de formas através da transformada de Hough e limiarização adaptativa (Figura 7).

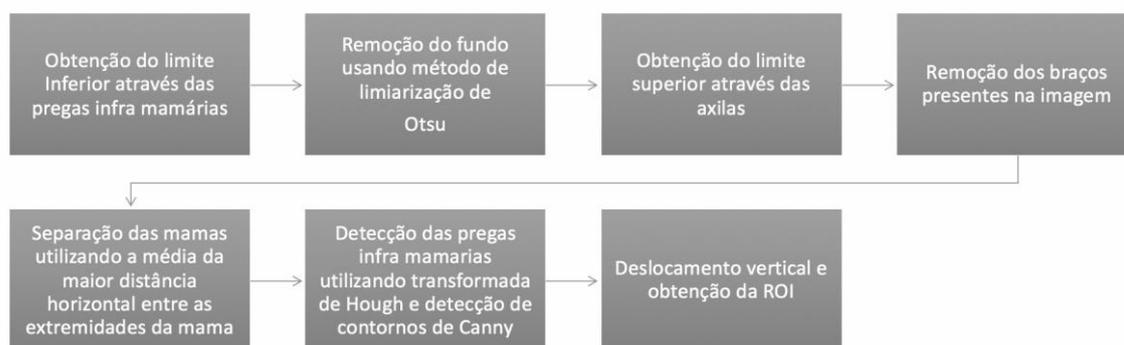


Figura 7 - Algoritmo de segmentação de (Motta 2010).

A acurácia média da avaliação quantitativa foi de aproximadamente 96% em relação ao *ground truth* (imagens de gabarito), enquanto a avaliação qualitativa dada pelos médicos foi de 80%. Na Figura 8, são mostrados resumidamente os resultados do método proposto obtidos nos testes das 151 imagens. Além disso, descreve-se o valor da média (M), o desvio padrão (σ), a mediana (m), o desvio padrão médio (σ_m), o valor máximo (Max) e o valor mínimo (Min).

	ACC		SEM		SPEC		EFF		PPV		NPV	
	GT#1	GT#2										
M	0.95	0.97	0.86	0.90	0.99	0.99	0.92	0.94	0.96	0.97	0.95	0.97
σ	0.03	0.3	0.11	0.08	0.02	0.02	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03
M	0.96	0.97	0.88	0.92	0.99	0.99	0.94	0.95	0.97	0.98	0.96	0.97
σ_m	0.03	0.02	0.08	0.06	0.01	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
Máx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Min	0.82	0.83	0.45	0.52	0.77	0.77	0.72	0.75	0.61	0.61	0.78	0.81

Figura 8 - Avaliação quantitativa do método de segmentação de Motta.

2.1.1 Marques, R. S.

O trabalho de Marques (2012) apresenta uma nova metodologia de segmentação automática das mamas. Seu método inclui as seguintes técnicas de processamento de imagens: detecção de contornos, limiarização, crescimento de regiões,

ajuste de curvas por mínimo quadrado e B-Splines. O método de Marques apresenta uma acurácia de 97%. As imagens da ROI segmentadas são comparadas com um *ground truth* gerado a partir de um aplicativo para tablets desenvolvido por Marques para a segmentação manual das imagens (Figura 9).

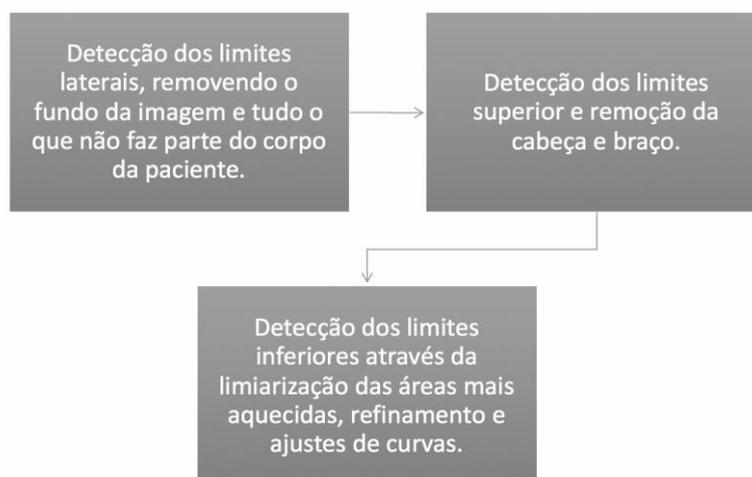


Figura 9 - Algoritmo de Segmentação de Marques.

2.1 Classificação de anomalias

2.2.1 Silva, L. F.

O método de Silva (2015) possui como intuito realizar um estudo sobre as características extraídas de imagens infravermelhas da mama, a fim de se detectar potenciais anomalias nas mamas. Seu método se baseia na análise de séries temporais, nas quais são observadas mudanças na temperatura da paciente após um processo de resfriamento em um determinado período. Sua metodologia é composta por três etapas, sendo elas a construção das séries temporais de temperatura da paciente, a extração de características e o estudo das mesmas (Figura 10).



Figura 10 - Método de Classificação de Silva.

3. Desenvolvimento

Nesta seção será descrita a metodologia desenvolvida para a segmentação de imagens infravermelhas para posterior classificação das anomalias das mamas. Esses detalhes são apresentados separadamente, iniciando pelo pré-processamento das imagens adquiridas em bases de dados públicas. A seguir, é realizada a segmentação das mamas das imagens originais, removendo o fundo indesejado. Finalmente, é realizada uma classificação binária não supervisionada das imagens em anômalas e não anômalas, baseando-se no conteúdo visual advindo da segmentação.

Cada uma destas etapas está descrita na Figura 11.

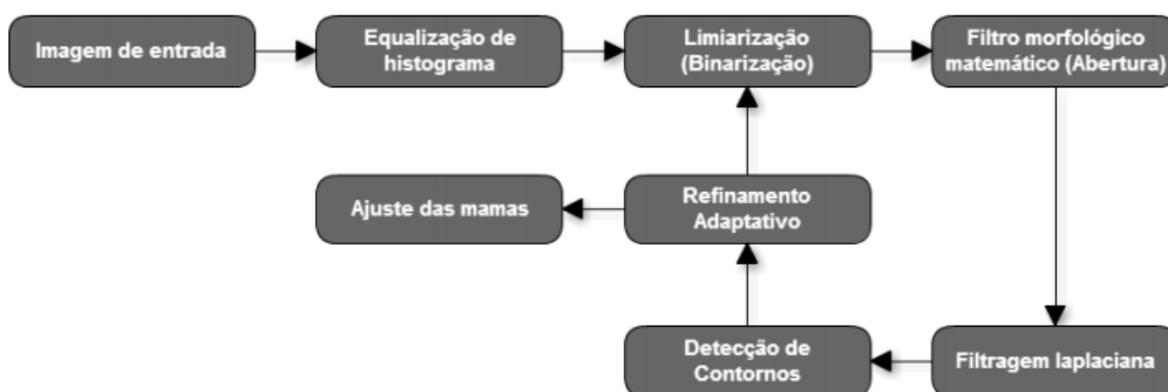


Figura 11 - Método proposto em Baffa (2016)

3.1 Aquisição de termogramas extraídos em bases de conteúdo visual

Conforme informações apresentadas em Borchatt (2013), os termogramas de mama utilizados pela metodologia proposta nesta seção advém de projetos do Hospital das Clínicas (HC) da UFPE em Recife - PE e do Hospital Universitário Antônio Pedro (HUAP) da UFF em Niterói.

Estas imagens foram adquiridas por protocolos distintos. Primeiramente, as imagens da UFPE são capturadas de forma estática, de tal forma que a paciente aguarda por 10 minutos em uma cadeira sem qualquer contato com os seios, para que o seu calor metabólico reduza e, assim, alcance um equilíbrio com a temperatura do ambiente. A seguir, um número mínimo de oito imagens, adquiridas de uma câmera térmica da fabricante FLIR, são capturadas em diferentes poses. Essas diversas poses são apresentadas na Figura 12

e são, respectivamente, da área frontal com mãos na cintura e os cotovelos distantes do corpo; frontal com as mãos na cabeça; somente a mama direita; somente a mama esquerda; lateral externa da mama direita; lateral externa da mama esquerda; lateral interna da mama direita e lateral interna da mama esquerda. Finalmente, essas imagens possuem resolução 320 x 240 pixels, em que o escalar de determinada posição (x, y) reflete a intensidade térmica da posição específica. É importante ressaltar que essa resolução é mais do que suficiente para se obter resultados positivos em classificadores estado-da-arte, como os baseados em redes neurais.

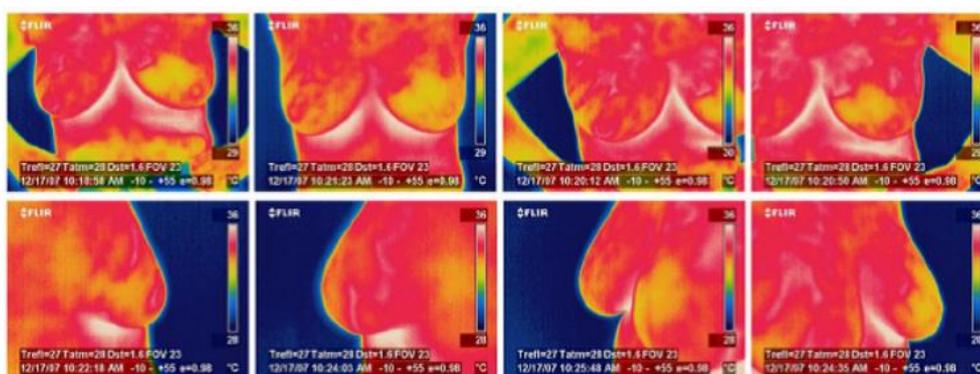


Figura 12 - Diferentes posições obtidas em imagens de uma mesma paciente na base da UFPE.
Fonte: (Borchatt 2013)

A segunda base de dados considerada segue outros protocolos, desenvolvidos para os exames do HUAP-UFF. Esses levam em conta um amplo estudo bibliográfico, resultando em dois protocolos: um estático e outro dinâmico. No primeiro, a paciente aguarda por 10 minutos a estabilização de sua temperatura corporal em uma sala, mantendo os seus braços levantados de tal maneira que suas axilas estejam livres. Após esse tempo, são obtidas 5 imagens em diferentes posições. As posições são: frontal com as mãos sobre a cabeça; lateral esquerda a 45%; lateral esquerda a 90%; lateral direita a 45%; lateral direita a 90%. Exemplos dessas imagens podem ser vistas na Figura 13.

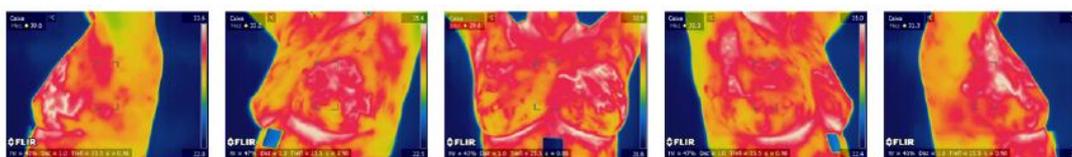


Figura 13 - Diferentes posições obtidas em imagens de uma mesma paciente na base da UFF.
Fonte: (Borchatt 2013)

Após empregar o protocolo estático, utiliza-se o protocolo dinâmico. Neste, um ventilador é direcionado às mamas da paciente para realizar um processo de resfriamento.

Quando a temperatura do torso obtém $30,5^{\circ}\text{C}$, o ventilador é retirado e fotografias são capturadas durante 5 minutos com intervalos de 15 segundos entre cada imagem posterior. As imagens deste experimento foram adquiridas por uma câmera FLIR de maior precisão do que as realizadas pelo hospital da UFPE. Além disso, os termogramas possuem resolução superior: de 640×480 pixels.

Finalmente, as imagens obtidas por todos os protocolos supracitados geram um arquivo de saída para cada fotograma denominado JPEG radiométrico. Nesse arquivo, além do conteúdo visual disposto em 3 canais no formato RGB, também encontram-se metadados dos mais variados tipos, como: informações de temperatura, data e horário da captura, a umidade e a temperatura ambiente, a emissividade do corpo, etc.

3.2 Pré-processamento e segmentação de imagens por limiarização com refinamento adaptativo

Inicialmente, as imagens adquiridas são convertidas de coloridas para tons de cinza. Esse procedimento é comum na análise de imagens médicas das mamas, visto que o próprio procedimento de mamografia utiliza-se de imagens monocromáticas. Essa característica também facilita o procedimento de segmentação, conforme visto a seguir.

Após a obtenção das imagens conforme descrito na Seção 5.1, realiza-se o processo de identificação da região das mamas e separação das mesmas em relação ao conteúdo visual remanescente da imagem, resultando em dois subconjuntos distintos e não sobrepostos. Esse procedimento é denominado Segmentação de Imagens.

Para que o algoritmo de segmentação funcione corretamente para esse tipo particular de termograma, considera-se um aspecto facilmente notável em imagens infravermelhas. Segundo Marques (2012), as pregas inframamárias são regiões delimitadoras dos limites inferiores das mamas. Além disso, essa região tipicamente apresenta maior temperatura na região do torso frontal devido à sobreposição entre a parte inferior da mama e a parede torácica. Esse aumento de temperatura acaba sendo uma premissa importante para a identificação da região limítrofe dos seios.

Dessa forma, identifica-se essa região de maior temperatura abaixo das mamas por meio de um procedimento de limiarização. Esse procedimento é simples e baseia-se na partição de uma imagem em duas partições diferentes, a partir da definição de um limiar de intensidade luminosa I . Por exemplo, se I for definido como a constante 50, isso implica que o primeiro subconjunto conterá todos os pixels que possuírem brilho inferior a 50. O segundo subconjunto, por sua vez, possuirá todos os pixels com valor de cor igual ou superior a 50. Assim sendo, se I for uma constante de módulo elevado, isso significa que o segundo subconjunto irá conter os pixels que representam regiões de alta temperatura.

No entanto, a constante I tende a variar de paciente para paciente. Dessa forma, em Baffa (2016) foi proposto um limiar adaptativo, de tal maneira que a escolha de I depende do tamanho da área da prega inframamária identificada até o momento. Para cada imagem termográfica I , um limiar $I = C - 1$, onde C é o tom de maior módulo do gamute considerado. No caso de imagens em tons de cinza, esse tom é o branco de maior intensidade. Como as imagens analisadas possuem tons de cinza e quantização de cores de 8 bits, isso implica em 256 tons possíveis, iniciando a partir do 0 até o valor 255.

No início do método, I assume o valor 254. Ao aplicar o procedimento de limiarização, obtém-se um segmento pequeno contendo apenas os pixels com cor branca de maior intensidade. A seguir, esse segmento é filtrado usando um operador morfológico de abertura. Isso é realizado para remover artefatos menores como pixels sem adjacentes e, portanto, prováveis candidatos a não pertencerem às pregas inframamárias. Após o processo de limiarização, pode-se obter uma imagem análoga à apresentada na Figura 14.

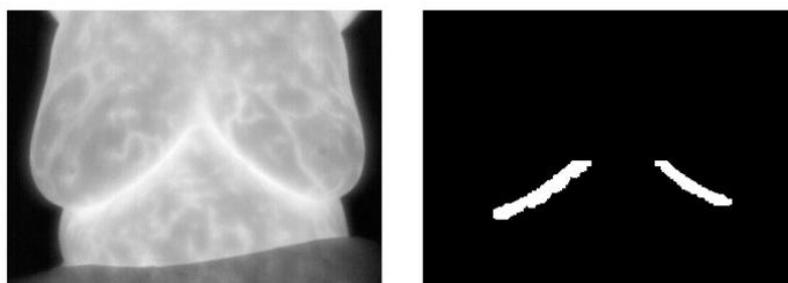


Figura 14 - Exemplo de um termograma em tons de cinza à esquerda e, ao lado, sua versão segmentada após o processo de limiarização (binarização).

Fonte: (Cheloni 2015).

Após a obtenção da região das pregas inframamárias até aquele instante, um algoritmo de detecção de contornos (e.g., Algoritmo Suzuki-Kamasi) é empregado para a obtenção de uma lista de pontos bidimensionais que delimitam o seu contorno. Por meio desse algoritmo, torna-se possível computar a área da prega inframamária e, assim, realizar o procedimento de refinamento adaptativo.

Esse procedimento consiste na seguinte verificação: se a área da prega inframamária for maior ou igual a um limiar A_{I1} definido previamente, então o procedimento é interrompido, sendo seguido pelo ajuste de mamas. Caso contrário, outro teste com limiar é realizado, mas com o valor A_{I2} . Se a área da prega inframamária for superior a A_{I2} , a etapa de ajuste das mamas é executada. Se o teste falhar para ambos os limiares, o processo é reiniciado na limiarização, porém com o limiar I decrementado em uma unidade: $I = 253$.

O motivo para a existência dos dois limiares é explicado pelos testes empíricos durante a elaboração do método. Ao empregar distintos limiares, foi constatado que a região

da prega inframamária consiste em um único segmento conexo ou dois segmentos conexos sem sobreposição. Isso depende da temperatura do corpo da paciente em questão. Respectivamente, A_{I1} define um único segmento conexo de prega inframamária que se localiza abaixo dos seios e, por sua vez, A_{I2} define duas pequenas regiões que fazem parte das pregas e posicionam-se abaixo de cada seio. Como não é possível prever de antemão para certa paciente se, durante a etapa de limiarização, sua prega será composta por uma ou duas regiões conexas, testa-se, portanto, os limiares em momentos diferentes.

Entretanto, pode ocorrer de ambos os testes com limiares falharem para um determinado valor de I . Nesse caso, o decréscimo do limiar em uma unidade faz com que mais tons de alta temperatura sejam adicionados na região limiarizada original. Grosseiramente, isso ocasiona um “crescimento da região” que compõe as pregas inframamárias.

Concluídas essas etapas, é aplicada uma filtragem laplaciana no termograma original. Uma vez que esse filtro se baseia em uma derivada de segunda ordem, esta produz uma borda em regiões da imagem com maior variação, o que ocorre justamente na fronteira de sobreposição entre o contorno e o corpo da paciente na imagem. Um exemplo de saída é ilustrado na Figura 14.



Figura 14 - Termograma após a filtragem laplaciana empregada no trabalho.
Fonte: (Cheloni 2015).

Após a sintetização da imagem de borda anterior (Figura 14), é realizada a etapa de Ajuste de Curvas a partir do conceito de interpolação por *Splines* Cúbicas. Nesse estágio, os pontos bidimensionais que compõem as pregas inframamárias são analisadas e apenas as amostras cujas abcissas possuem menor módulo são mantidas. Cada um desses pontos serão interconectados por um processo de interpolação, gerando uma curva cúbica capaz de representar a região abaixo do seio com certa fidedignidade. Na Figura 15 tem-se um exemplo de polilinhas que definem tanto o segmento obtido pela filtragem laplaciana quanto a linha produzida após o ajuste das mamas.

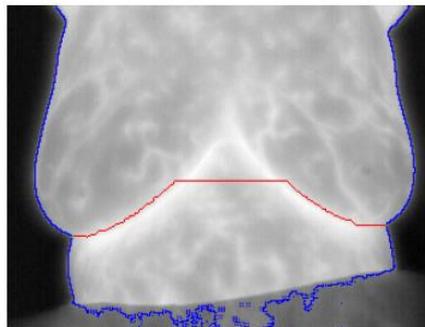


Figura 15 - Ilustração das polilinhas que contornam a região inferior aos seios e o contorno do corpo.
Fonte: (Cheloni 2015).

Opcionalmente, podem-se remover os membros superiores que ocorrerem nos termogramas, como braços. Esse procedimento é trivial: inicialmente a imagem é binarizada, de tal maneira que todos os tons menores do que 128 são coloridos de preto (bit 0) e todos os tons iguais ou superiores a 128 são coloridos de branco (bit 1). A seguir, para cada linha do termograma binarizado, verifica-se o tom de cada coluna. Se existir um pixel na posição (x, y) com bit de cor 0 e um pixel vizinho $(x + 1, y)$ com bit de cor 1, então um contador para aquela referida linha é incrementado: $contador_y = contador_y + 1$. Da mesma forma, se um pixel (x, y) tiver bit de cor 1 e seu vizinho $(x + 1, y)$ possuir bit 0, o mesmo acréscimo é realizado: $contador_y = contador_y + 1$.

Assim, quando uma determinada linha y possuir um $contador_y = 2$, então é bem provável que essa linha compunha parte do braço da paciente. Dessa forma, essa linha é totalmente colorida de preto e deixa de fazer parte da imagem final. Quando $contador_y \leq 2$, isso indica que a linha faz parte do torso, sendo mantida na imagem final. Esse procedimento é muito similar ao proposto em Marques (2012).

Concluindo o método, a etapa de separação das mamas particiona o segmento resultante em dois conjuntos: um contendo a mama esquerda e outro compondo a mama direita. Para tal, considera-se o histograma de coluna, que é a soma de pixels brancos de uma coluna qualquer.

É sabido que as colunas com menor concentração de pixels brancos tendem a ser entre os seios, pois são os locais da imagem resultante com menor densidade mamária. Assim, a região onde se concentram os histogramas de coluna com menor módulo é identificada como a linha separatória entre as mamas. A Figura 16 ilustra as etapas de remoção de membros superiores e separação dos seios.

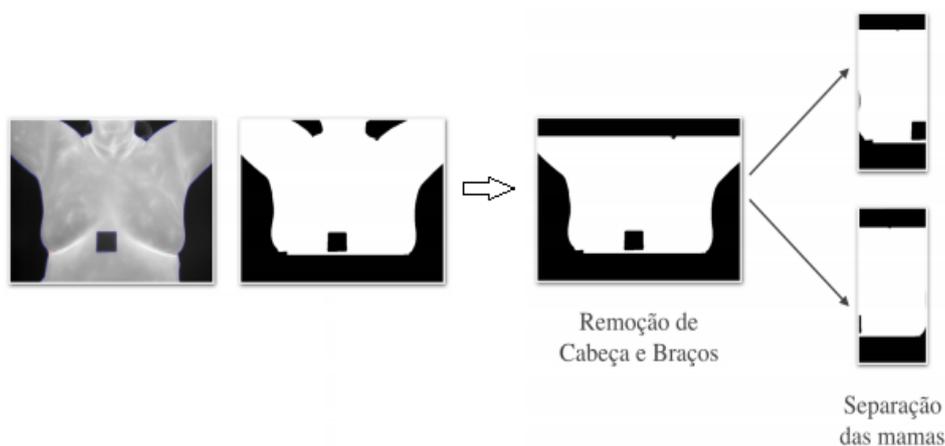


Figura 16 - Exemplo da remoção de membros superiores como cabeça e braços, sucedido pela separação das mamas.

Fonte: (Baffa 2017).

4. Resultados e discussões

A metodologia descrita na seção anterior foi comparada com outros trabalhos em Baffa (2017). Esses trabalhos são Marques (2012) e Motta (2010).

Os resultados obtidos pelo método, considerando diferentes métricas para avaliação de performance: acurácia, sensibilidade, especificidade, preditividade positiva e preditividade negativa. Respectivamente, a acurácia mede a porcentagem de acertos de pixels com relação às imagens de gabarito (*ground-truth*) que foram segmentadas previamente por especialistas humanos para avaliar a qualidade de um método de segmentação qualquer. A sensibilidade, por sua vez, é a probabilidade de acerto de verdadeiros positivos (pixels assinalados como o objeto de interesse de forma correta); a especificidade mede o grau de acerto dos verdadeiros negativos (pixels rotulados corretamente como parte do fundo). A preditividade positiva apresenta a taxa de acertos de pixels que pertencem ao segmento das mamas em relação ao total de classificações positivas e, finalmente, a preditividade negativa informa a taxa de acerto de pixels do fundo em relação ao total de classificações negativas.

Finalmente, utilizando as métricas supracitadas em todos os trabalhos considerados, tem-se a Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados normalizados obtidos pelos trabalhos estado-da-arte empregados na literatura.

	(Marques 2012) Base UFPE	(Motta 2010) Base UFPE	(Baffa 2016) Base UFPE	(Baffa 2017) Base UFF
Acurácia	0.97	0.96	0.96	0.93
Sensibilidade	0.97	0.88	0.98	0.98
Especificidade	0.97	0.99	0.95	0.86
Preditividade Positiva	0.97	0.96	0.95	0.91
Preditividade Negativa	0.98	0.96	0.98	0.95

Fonte: Autor.

Considerando os resultados obtidos para a base da UFPE, o método proposto em Baffa (2016) é bastante competitivo com os trabalhos predecessores, obtendo inclusive melhores taxas de sensibilidade. Isso indica que esse método tende a reconhecer melhor as áreas que, de fato, fazem parte da região mamária do que os anteriores. Essa diferença é superior ao trabalho de Motta (2010) em uma margem de 10%. Na Figura 17 é possível ver o resultado de todos os métodos para o termograma de duas pacientes.

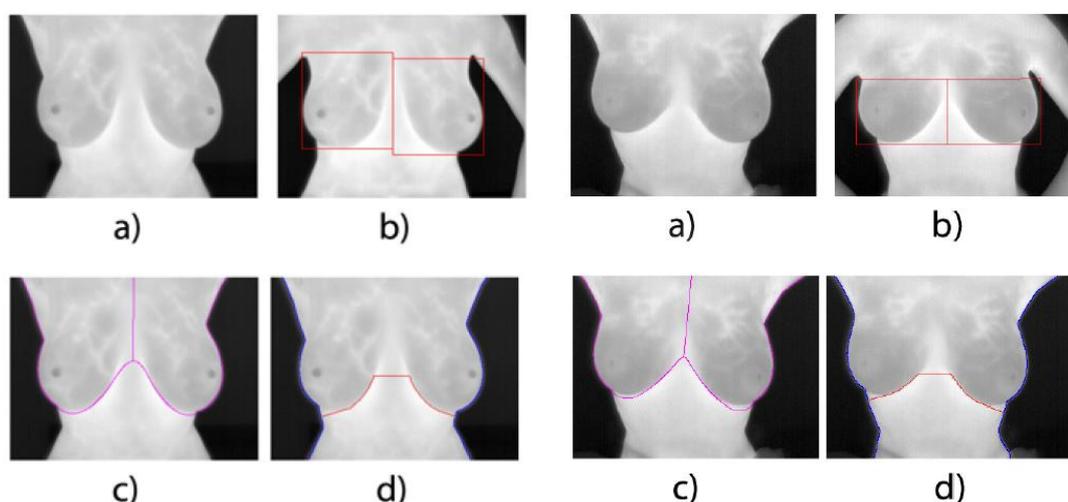


Figura 17 - Resultados obtidos para as imagens IR_0100 e IR_5986, respectivamente, provenientes da base da UFPE: a) Imagens termográficas originais; b) Resultados obtidos em Motta (2010); c) Resultados obtidos em Marques (2012); d) Resultados adquiridos pelo método proposto por Baffa (2016).

Fonte: Autor.

Torna-se importante ressaltar que o método apresentado em Baffa (2016) é facilmente extensível e modularizável, podendo facilmente ser incorporado em arquiteturas existentes. Além disso, esse método não demanda requisitos especiais de tempo e

memória, o que o torna potencialmente atrativo para dispositivos móveis, por exemplo. Isso pode ser notado, conforme ilustra a Tabela 4, que realiza uma medição de tempo entre os trabalhos comparados para a base da UFPE.

Tabela 4 - Comparação de tempo entre os métodos considerados.

Trabalhos Considerados	Tempo de Execução Médio (em segundos)
(Motta 2010)	36,63
(Marques 2012)	1,55
(Baffa 2016)	1,94

Fonte: Autor.

Pelos resultados da tabela, é facilmente observável que o método proposto em Motta (2010) apresenta resultados de tempo até 18 vezes mais lento do que o trabalho desenvolvido por Baffa (2016). No entanto, o desempenho aproximado com Marques (2012) persiste, denotando a qualidade similar entre ambos os métodos.

Apesar do bom funcionamento, existem situações em que o método proposto não funciona da maneira esperada. Isso ocorre, por exemplo, em termogramas de pacientes que possuem pouco volume nas mamas. Nessa situação é mais difícil realizar a identificação das pregas inframamárias, acarretando em erros na acurácia geral. Além disso, outros problemas podem ocorrer, como: a identificação inapropriada de uma dobra abdominal como parte das pregas inframamárias (Figura 18) e alta assimetria entre as mamas (Figura 19).

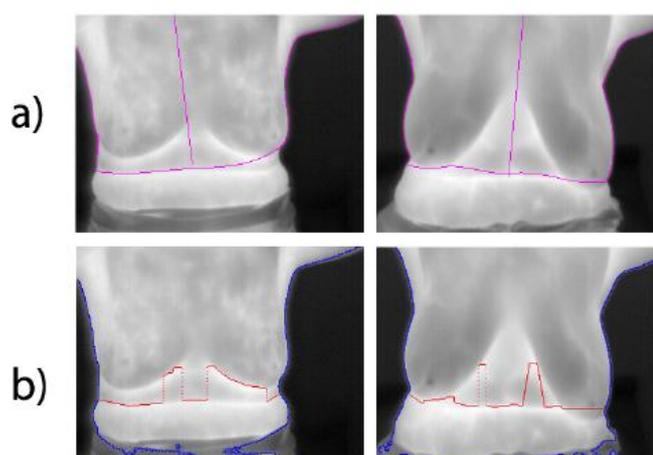


Figura 18 - Imagens em que as pacientes possuem dobras abdominais que foram classificadas incorretamente como pregas inframamárias (respectivamente: IR_0889 e IR_1330): a) Resultados obtidos em Marques (2012); b) Resultados obtidos pelo método proposto por Baffa (2016).

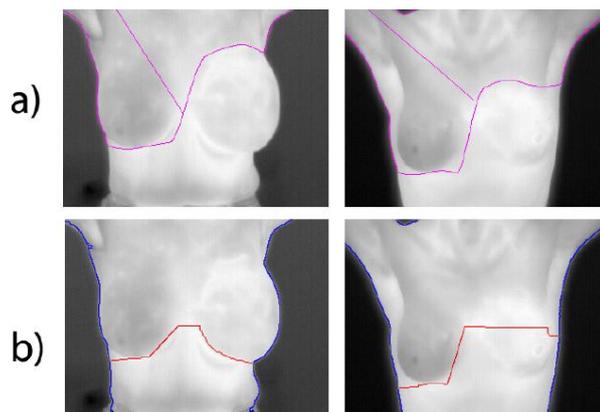


Figura 19 - Imagens em que as pacientes possuem notável assimetria entre as mamas (respectivamente: IR_8304 e IR_3786): a) Resultados obtidos em Marques (2012); b) Resultados obtidos pelo método proposto por Baffa (2016).

No caso de uma dobra abdominal confundida com uma prega inframamária tende a introduzir uma grande quantidade de falsos positivos, pelo fato da prega delimitar a região dos seios. Se a prega inframamária for trocada com uma dobra abdominal, então uma grande quantidade de pixels será assinalada incorretamente como parte das mamas.

Quanto à assimetria das mamas, se a diferença entre os seios for muito significativa, isso pode ocasionar erros na identificação das pregas inframamárias. No entanto, o método ainda funciona relativamente bem nesses casos, como pode ser observado na Figura 19.

5. Conclusão

O câncer de mama representa um dos principais tipos de câncer que afetam as mulheres, e um dos mais suscetíveis ao tratamento pela prevenção. Por conta disso, medidas que auxiliem na prevenção são sempre desejáveis. No caso de termografia, sistemas de auxílio ao diagnóstico (CAD) que se baseiam em distribuição térmica corpórea se mostram bastante eficazes, baratos e pouco invasivos. No entanto, para que isso seja realizado, é preciso automatizar todo o processo.

Realizar segmentação automática das imagens infravermelhas é a primeira etapa para tornar o procedimento não supervisionado. Por meio dele, uma vez capturada a imagem infravermelha, um algoritmo realiza a seleção da região mamária. Nesse módulo em específico, a solução proposta em Baffa (2016) provou-se bastante competitiva com as propostas desenvolvidas na literatura.

Posteriormente, é esperado desenvolver uma metodologia que realize a classificação não supervisionada das imagens segmentadas em anômalas ou não anômalas. Além disso, espera-se adaptar esse e outros métodos, a saber: segmentar

imagens termográficas em diferentes poses e ângulos distintos, para futuramente os classificadores não supervisionados possam avaliar diversas imagens de um mesmo paciente para melhorar seu resultado; empregar técnicas para extração de atributos e características das mamas, como informação geométrica ou de textura; desenvolver um sistema de auxílio ao diagnóstico para diagnóstico de doenças contemplando a segmentação e a classificação de anomalias.

Referências

AMALU, W. C. et al. Infrared imaging of the breast: an overview. **Medical Devices and Systems**: The Biomedical Engineering Handbook. CRC Press, Connecticut, USA, p. 25-1, 2006.

ANBAR M. **Quantitative Dynamic Telethermometry in Medical Diagnosis and Management**, CRC Press, p. 84–94, 1994.

ARORA, Nimmi et al. Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer. **The American Journal of Surgery**, v. 196, n. 4, p. 523-526, 2008.

BAFFA, M. F. O.; CHELONI, D. J. M.; LATTARI, L. G. Segmentação Automática de Imagens Térmicas das Mamas Utilizando Limiarização com Refinamento Adaptativo. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. 36., 2016, Porto Alegre. **Anais do XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**. EDIPUCRS. 2016. p. 2499-2508.

BAFFA, M. F. O.; CHELONI, D. J. M.; LATTARI, L. G.; ARCHANJO, M. A. Segmentação automática de mamas em imagens infravermelhas utilizando limiarização com refinamento adaptativo em bases multivariadas. **Revista de Informática Aplicada**. São Caetano do Sul: USCS/UFABC, v. 12, n. 2, p.1-11, 2016.

BRONZINO, Joseph D. (Ed.). **Medical devices and systems**. CRC Press, 2006.

GORE, J. P. ; XU, L. X. **Thermal Imaging for Biological and Medical Diagnostics**. CRC Press, 2014.

HOSPITAL DO CÂNCER DE BARRETOS – HCB. **Informação**: Saiba quais são os tipos de câncer mais comuns no Brasil. Disponível em: <<http://www.hcancerbarretos.com.br/82-institucional/noticias-institucional/1300-informacao-saiba-quais-sao-os-tipos-de-cancer-mais-comuns-no-brasil>>. Acesso em: 29 de out. 2015.

HOSPITAL ISRAELITA ALBERT EINSTEIN. **Câncer benigno e maligno**. Disponível em: <<https://www.einstein.br/noticias/noticia/cancer-benigno-maligno>> . Acesso em: 13 de abr. 2017

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER – INCA. **Mama**. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/tiposdecancer/site/home+/mama/cancer_mama> Acesso em: 28 de mar. 2017.

INSTITUTO NEO MAMA. **A Mamografia**. Disponível em: <<http://cancerdemama.com.br/mulher/mamo/mamo.htm>> . Acesso em 13 de abr. 2017.

JONES, B.E. A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. **IEEE Trans Med Imaging**. p. 1019-1027, 1998.

JONES, Bryan F. A reappraisal of the use of infrared thermal image analysis in medicine. **IEEE Transactions on medical imaging**, v. 17, n. 6, p. 1019-1027, 1998.

KENNEDY, Deborah A.; LEE, Tanya; SEELY, Dugald. A comparative review of thermography as a breast cancer screening technique. **Integrative cancer therapies**, v. 8, n. 1, p. 9-16, 2009.

KRIEGE, Mieke et al. Efficacy of MRI and mammography for breast-cancer screening in women with a familial or genetic predisposition. **New England Journal of Medicine**, v. 351, n. 5, p. 427-437, 2004.

MARQUES, R. S. **Segmentação automática das mamas em imagens térmicas**. 2012. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

MINAS GERAIS. Secretaria do Estado de Minas Gerais. 2017. Disponível em: <<http://www.saude.mg.gov.br/saudedamulher>>. Acesso em: 28 de mar. 2017.

MOTTA, L. S. **Obtenção automática da região de interesse em termogramas frontais da mama para o auxílio à detecção precoce de doenças**. 2010. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

NATIONAL CANCER INSTITUTE. **Breast Cancer** - Patient Version. Disponível em: <<https://www.cancer.gov/types/breast>> . Acesso em: 13 de abr. 2017

RESMINI, R. **Classificação de doenças da mamas usando imagens por infravermelho**. 2016. 297 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

ROGER, R. **Análise de Imagens Térmicas da Mama Usando Descritores de Textura**. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

SILVA, L. F. **Uma análise híbrida para detecção de anomalias da mamas usando séries temporais de temperatura**. 2015. 125 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015.

SZEJNFELD, D. **Ressonância Magnética de Mama**. Disponível em: <
<http://www.cura.com.br/artigosmedicos-rmdemama.html>> . Acesso em: 18 de abr. 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION- WHO. **Cancer**. 2017. Disponível em:
<<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/>> . Acesso em: 13 de abr. 2017.

CAPÍTULO 3 - ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NO MUNICÍPIO DE RIO POMBA-MG

Dandara Fernanda Rodrigues Andrade
Marine Cirino Grossi Reis

1. Introdução

O assunto mudanças climáticas se tornou recorrente no meio científico e suas causas são apontadas, parcialmente, para as atividades antrópicas, como desmatamento, mudanças nas práticas agrícolas, agrupamento da população em áreas urbanas, poluição atmosférica e emissão de gases de efeito estufa. Há, de forma geral, conformidade a respeito do impacto direto e significativo dessas ações, que potencializam os efeitos no sistema climático global, sobre a vida humana. A partir da concepção das consequências dessas atividades, aumentou-se a quantidade de pesquisas que orientam novos caminhos e conduzem a ações econômicas menos predatórias e imediatistas.

Muitos cientistas têm direcionado seus estudos aos dois principais elementos do clima, temperatura e chuva. O entendimento sobre as características da precipitação pluvial é fundamental para tomada de decisões, que devem ser embasadas em dados confiáveis, que não apresentem ou tenham o menor número de falhas, sendo necessário o uso de técnicas eficientes para o preenchimento de dados faltosos de precipitação. Após a verificação da consistência dessas informações é possível analisar o comportamento pluviométrico para uma determinada região e, então empreender ações de adaptação e mitigação.

No Brasil e no mundo, investigações têm sido feitas para analisar tendências nos índices de precipitação, podendo ser essas de diminuição ou aumento. No entanto, a maioria desses trabalhos considera dados mensais e anuais, sendo poucos aqueles que focam valores diários de precipitação, cujas avaliações são importantes na caracterização do clima local e colaboram para a percepção e a compreensão das alterações climáticas e seus efeitos.

Segundo Nimer (1972), a região Sudeste do Brasil localiza-se na transição entre os climas temperados das latitudes médias e os quentes das latitudes baixas (zona tropical), marcada por duas estações bem definidas: chuvosa e seca. Entretanto, na Região Sudeste o aspecto de transição climática tende mais para os climas tropicais do que para os temperados, determinando uma estação muito seca e outra chuvosa, sua característica de maior relevância.

A região tropical é conhecidamente acometida por períodos de estiagem durante a estação chuvosa, fenômenos denominados de veranicos, cujos impactos variam conforme a sua duração e época de ocorrência, por exemplo. A compreensão do comportamento desses eventos é necessária para que seja feito um gerenciamento preventivo dos períodos hídricos mais críticos para as plantas, evitando-se, assim, que a produtividade daquela cultura seja afetada.

Entender a dinâmica das chuvas é essencial para planejar atividades que são diretamente influenciadas por esse fenômeno, por exemplo, a agricultura de sequeiro. Além disso, fornece informações básicas para qualquer estudo hidrológico ou ambiental e permite a análise de mudanças climáticas em diferentes escalas espaciais, sendo peça importante para avaliação das alterações do clima.

2. Referencial teórico

2.1 Precipitação

Nos últimos tempos, muitos esforços têm sido feitos para investigar e compreender elementos climáticos com alta capacidade de causar impactos naturais e sociais, sendo temperatura e chuva os que têm provocado maior interesse. A precipitação pluvial é o um dos principais componentes do ciclo hidrológico, influenciando diversas atividades humanas, sobretudo a agricultura. Nesse contexto, estudos que permitam caracterizar a intensidade e frequência da chuva, bem como entender sua dinâmica e as alterações que ocorrem, são de suma importância na integração com pesquisas de diferentes regiões do planeta.

No Brasil, os resultados dos trabalhos envolvendo precipitação podem contribuir no planejamento de atividades de diferentes setores da sociedade, minimizando impactos causados, por exemplo, com inundações, enchentes e deslizamento de encostas (ZANDONADI et al., 2014). Além disso, o entendimento do regime pluviométrico em determinada região serve de referência para construção de um calendário e a implementação de projetos para o desenvolvimento agrário (SILVA et al, 2011). No estado de Minas Gerais, por exemplo, a atividade agrícola baseia-se principalmente no plantio de sequeiro, ou seja, as chuvas constituem a fonte de água para o crescimento das culturas (GUIMARÃES, 2010).

Diversos autores vêm realizando estudos sobre a variabilidade da precipitação pluvial. Segundo Angelloci e Sentelhas (2007), a variabilidade climática se refere à variação das condições climáticas em torno da média climatológica. Silva et al (2011) analisaram os

dados diários de chuva de 600 estações meteorológicas para avaliar a variabilidade da pluviometria na região Nordeste do Brasil. A partir dos resultados obtidos, foi possível concluir que as altas variabilidades da precipitação pluvial e do número de dias de chuva são fatores limitantes na agricultura de sequeiro nas microrregiões localizadas nas áreas semiáridas do Nordeste do Brasil. Pereira et al (2012) realizaram um trabalho no estado de Alagoas no qual empregaram-se séries históricas mensais dos totais de precipitação de 32 estações pluviométricas. Foram avaliados os períodos anual, seco e chuvoso. Verificou-se que a variabilidade da precipitação no Estado de Alagoas é menor no período chuvoso do que no período seco.

Alguns autores têm demonstrado preocupação em relação à ocorrência de veranicos, evento climático que pode causar grandes prejuízos nas lavouras tradicionais não irrigadas. Cupollilo (2008) define veranico como pequenos períodos de déficit hídrico em plena estação chuvosa. Entretanto, este mesmo autor ressalta que “nas regiões tropicais, o conceito de veranico gera algumas divergências, muitas vezes devido ao padrão das condições climática e geográfica, peculiar de cada região”. Silva, Oliveira e Cavalcante (1981), por exemplo, consideram veranico como períodos de sete dias com precipitação inferior a 5,0 mm. Já Assad et al. (1993) consideram os períodos de precipitação pluviométrica inferior à 1,0 mm.

No trabalho de Ferreira et al (2012), foram analisados dados diários de chuva de uma estação meteorológica, localizada na cidade de Juiz de Fora – MG, com objetivo de caracterizar climaticamente, o período chuvoso, o comportamento e a duração de veranicos. Segundo os resultados obtidos, o valor médio da duração do período chuvoso é de 202 dias e o comportamento médio da precipitação durante o período chuvoso é de 1302,16mm. As estiagens com duração de três a seis dias são mais frequentes, em contrapartida, os veranicos com duração superior a 15 dias ocorrem com menor frequência.

Minuzzi et al. (2006) analisaram o comportamento e a duração de veranicos a partir de dados diários de chuva de 82 localidades do Estado de Minas Gerais. Como resultado, encontraram que as estiagens com duração de três a seis dias são maiores no sul-sudeste e Triângulo Mineiro. Em contrapartida, os veranicos com duração superior a 15 dias ocorrem com maior frequência no nordeste de Minas Gerais.

2.2 Região sudeste do Brasil

A região Sudeste do Brasil ocupa uma área equivalente a 10,86% do território nacional, sendo constituída pelos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, onde se concentram 42,13% da população do país (INSTITUTO BRASILEIRO

DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010). Essa é uma região com dependência intrínseca do regime de chuvas, visto que esse subsidia importantes setores da economia, como hidrelétricas e agricultura (SANTOS; SANSIGOLO; DOS SANTOS, 2016).

De acordo com Minuzzi et al., (2007), a região Sudeste apresenta como característica climática a diversidade, isso se dá por fatores como posição geográfica, topografia e sistemas atmosféricos de pequena, média e grande escala, com ação direta e indireta no regime de chuvas. Os principais sistemas responsáveis pela precipitação pluvial são a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as Frentes Frias como atuantes diretos, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e o Vórtice Ciclônico de Ar Superior, como indiretos.

No Sudeste o regime da chuva no ano é altamente sazonal, marcado por verão chuvoso e inverno seco, com média de precipitação anual variando entre 1500 e 2000 mm. Os meses mais secos são os de junho, julho e agosto, enquanto os mais chuvosos são os de dezembro, janeiro e fevereiro (ALVES, 2002). Segundo Minuzzi et. al.(2007), desde meados da década de 1970, nessa região o período chuvoso tem iniciado precocemente e durado mais. Em estudo realizado por Alves et al. (2005), a estação chuvosa no Sudeste brasileiro tem início no mês de outubro, sendo que mais de 80% do total anual precipitado concentra-se entre os meses de outubro e março. Esse mesmo autor observou que o período chuvoso começa mais cedo no sul da região Sudeste, em consequência de frentes frias, se comparado ao norte da mesma. Alves et al. (2002), verificou em seu trabalho que a qualidade da estação chuvosa (seca, normal ou chuvosa) independe da antecipação ou atraso da data de início.

2.3 Rio Pomba

O município de Rio Pomba está localizado na Zona da Mata do estado de Minas Gerais, com coordenadas geográficas iguais a 21° 16' 29" S e 43° 10' 45" W. Cobre uma área de 252,418 km² e segundo dados do último Censo Demográfico do IBGE, em 2010 sua população era de 17.110 habitantes (IBGE, 2014). Assim como nos demais município da Zona da Mata de Minas, a atividade agrícola é realizada basicamente por pequenos proprietários rurais, cuja estrutura produtiva está alicerçada ainda nas atividades de subsistência. Muitos dos cultivos são realizados em sistema de sequeiro, tornando o conhecimento aprofundado do regime de chuvas um fator relevante para os agricultores.

3. Desenvolvimento

3.1 Dados

A Agência Nacional de Águas (ANA), existente desde o ano 2000, atua no gerenciamento dos recursos hídricos e é ela quem disponibiliza gratuitamente, por meio do sistema HidroWeb (<http://hidroweb.ana.gov.br/>), séries de dados pluviométricos. Para analisar a variabilidade e a climatologia dos dados de chuva do município de Rio Pomba, utilizou-se uma série que compreende os anos de 1936 a 2014, provenientes da estação localizada na Usina Ituerê, no próprio município.

3.2 Preenchimento de falhas

É comum a existência de falhas nas séries pluviométricas, isso ocorre em decorrência de razões diversas, como erros de coleta e anotação pelo observador, troca de funcionários ou problemas nos aparelhos de medição (COSTA et al., 2012). As falhas na série histórica de Rio Pomba correspondiam a 2,42% dos dados totais e o preenchimento das mesmas foi feito utilizando a técnica MICE (“*Multivariate Imputation by Chained Equations*”): algoritmo de imputação múltipla proposto por Van Buuren et al (2006). Na metodologia MICE o preenchimento de falhas é realizado de maneira iterativa ponderando as densidades condicionais dos dados em cada estação (RUIZ-CÁRDENAS; KRAINSKI, 2011).

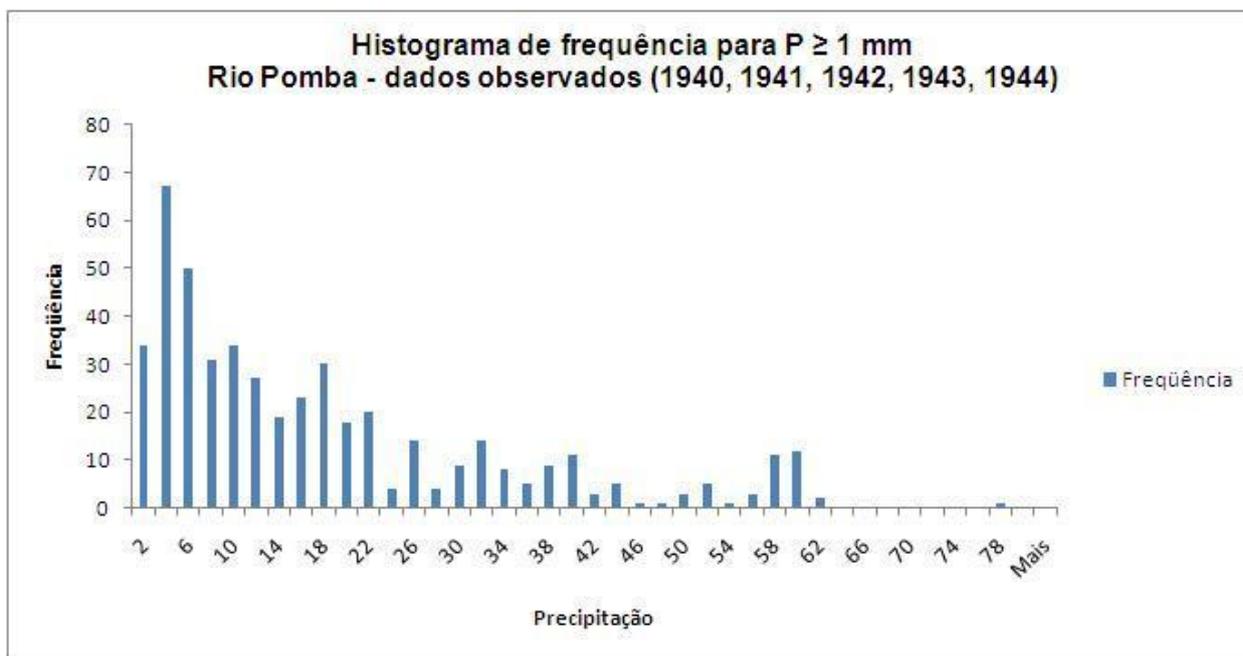
Foi utilizado o número de imputações múltiplas padrão do pacote *MICE* versão 2.12 (m=5 iterações) do software estatístico livre R. As imputações são geradas de acordo com o método padrão, que é, para dados numéricos, o método PMM-Predictive Mean Matching. Como variáveis preditoras, usou-se séries das análises gradeadas de precipitação fornecidos pela Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), através de seu website <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>. Estes dados são provenientes de numerosas fontes e foram combinados em grades de 1 ° e 2,5 ° (LIEBMANN; ARULLED, 2005), fornecendo dados de precipitação diária para toda a América do Sul. A grade de espaçamento utilizada para Rio Pomba foi de 1,0° x 1,0°.

A série de precipitação original com falhas foi colocada lado a lado dos quatro pontos de grade mais próximos ao município, sendo esses dados faltosos substituídos por valores imputados.

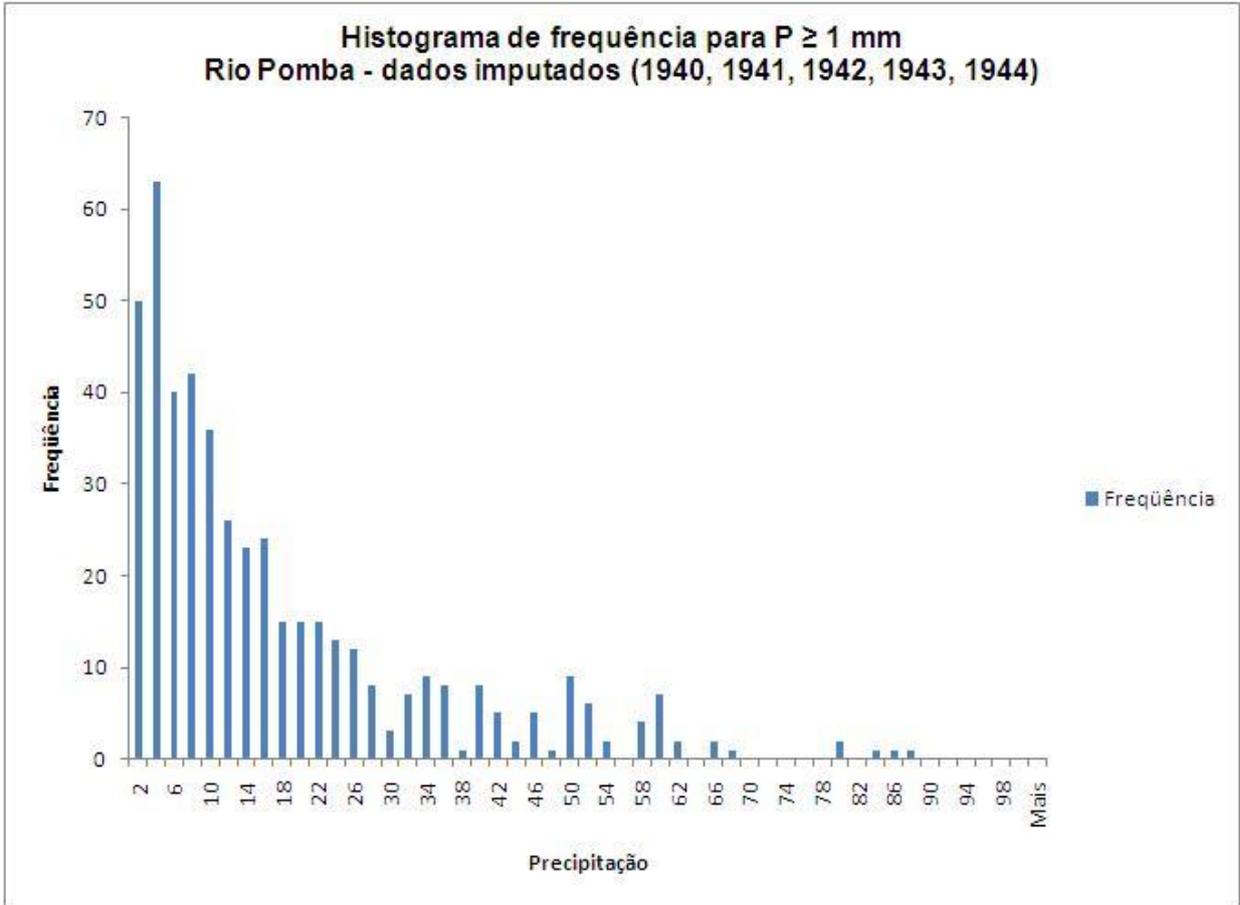
Para analisar a eficiência da metodologia MICE, empregou-se o princípio da validação cruzada, que avalia a precisão e exatidão do modelo para um novo conjunto de dados. Para isso, foram geradas falhas artificiais em dados conhecidos e empregou-se

novamente o método de preenchimento. Foram escolhidos 5 anos sem falhas naturais em dois períodos distintos: PASSADO (1940-1944) e PRESENTE (2001-2005).

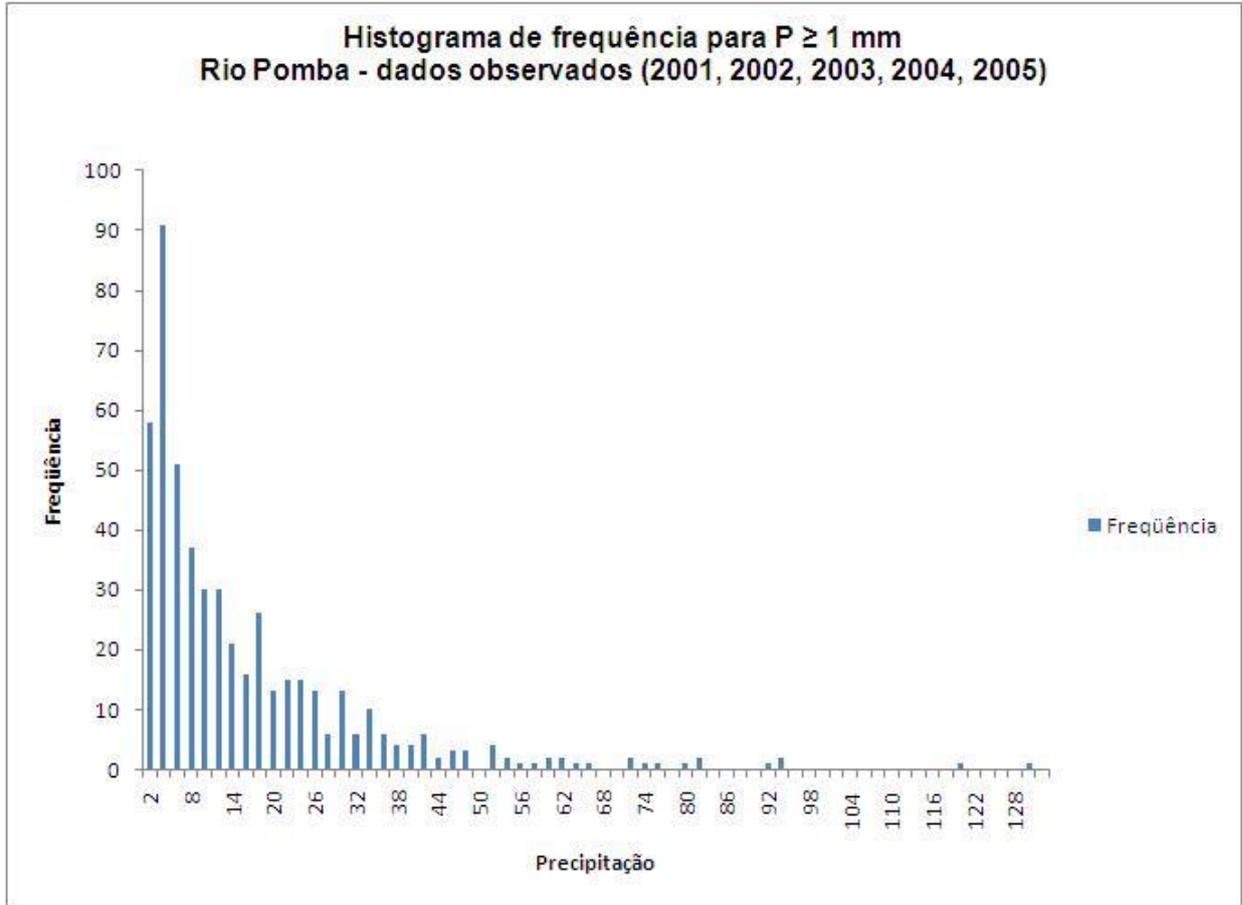
A análise dos dados observados e imputados pelo MICE, para as séries de falhas artificiais, possibilitou os histogramas de frequência para os dados diários observados e imputados de Rio Pomba (Figura 1). O eixo “y” representa a frequência associada a determinada faixa de precipitação, cujo intervalo inferior é mostrado no eixo “x”. Por exemplo, na série de dados observados (1940- 1944) ocorreram 34 eventos de chuva entre 1 e 2 mm, enquanto na série de dados imputados ocorreram 50 eventos deste tipo. Nota-se que o comportamento dos dados observados e imputados são semelhantes, com maior frequência de chuvas de baixa intensidade. Ou seja, em Rio Pomba apesar de serem observados valores superiores a 80 mm, chuvas diárias com até 26 mm são mais frequentes. Um fato interessante é que tanto nos dados imputados quanto observados, na série mais recente (2001 a 2005) ocorrem eventos acima de 100 mm, o que não ocorre para a série mais remota (1940 a 1944).



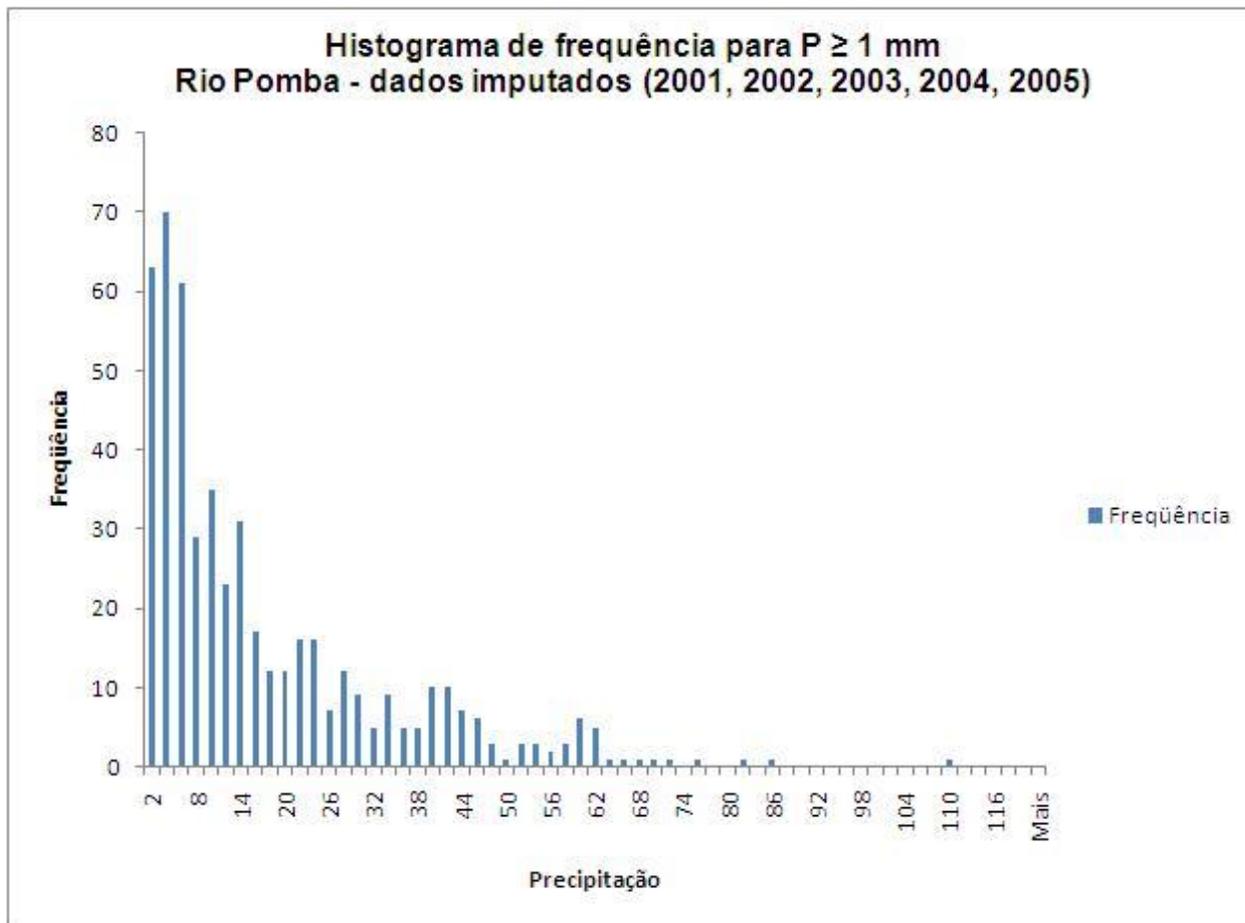
(a)



(b)



(c)

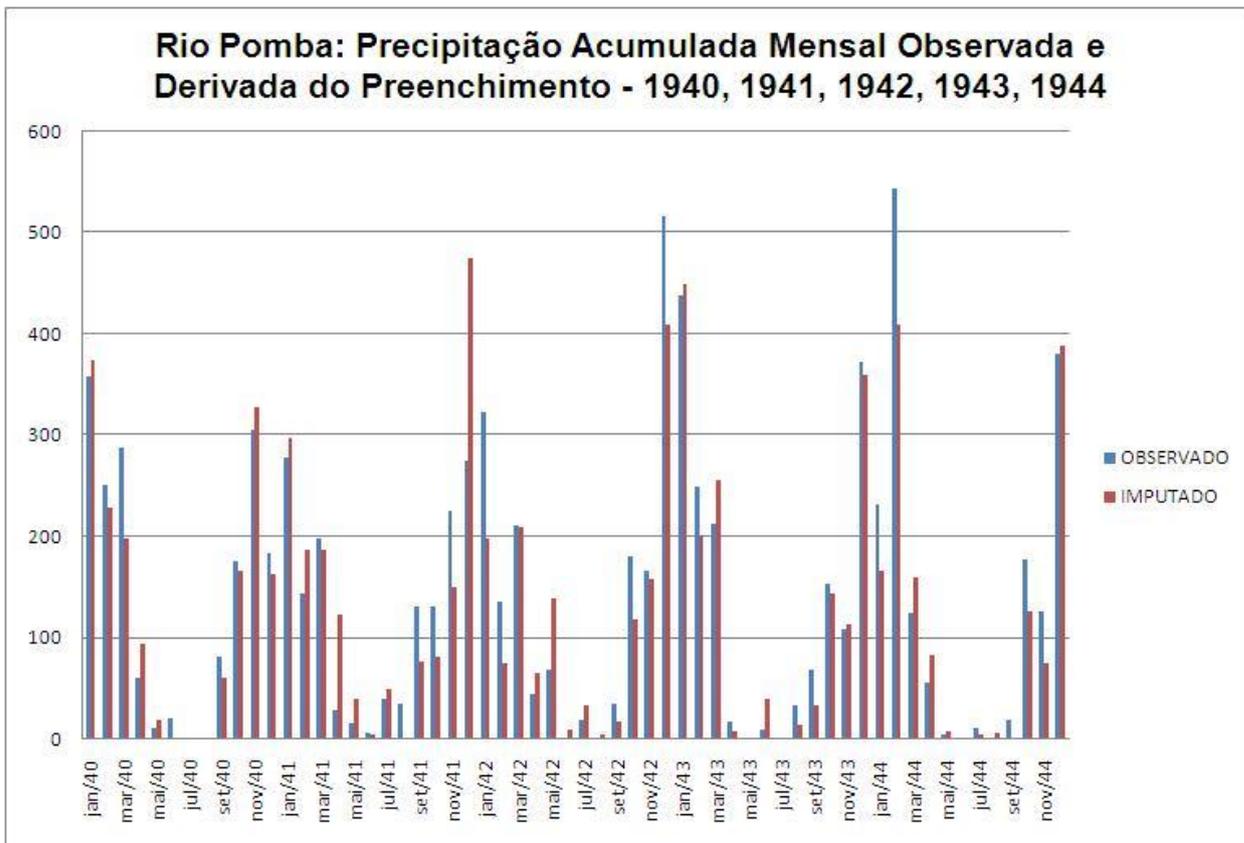


(d)

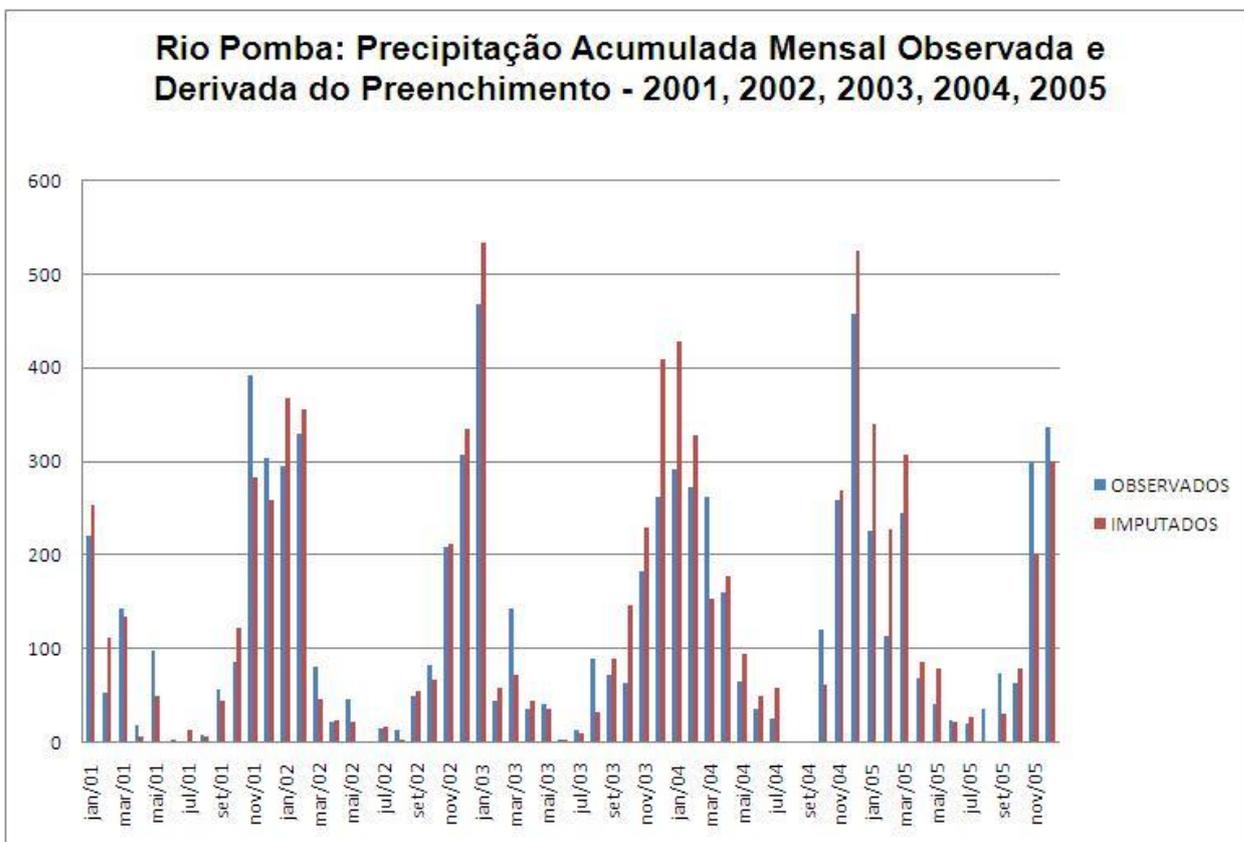
Figura 1. Histogramas de frequência da precipitação diária para a cidade de Rio Pomba, série 1 - 1940, 1941, 1942, 1943, 1944- (a) dados observados e (b) dados imputados, série 2- 2001, 2002, 2003, 2004, 2005- (c) dados observados e (d) dados imputados, para os cinco anos de comparações entre dados observados e imputados.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A Figura 2 mostra a comparação dos acumulados mensais oriundos da observação e da imputação, para as duas séries escolhidas. Novamente observa-se semelhança entre os dados observados e imputados pela metodologia MICE, com acumulados mensais maiores nos meses de outubro a março e valores menores entre abril e setembro. Interessante observar que a metodologia foi capaz de capturar o comportamento das chuvas em todos os anos. Verifica-se que no ano de 2001, no mês de janeiro foi observado um acumulado mensal inferior aos outros anos (221,2 mm) e que o valor imputado também seguiu este padrão, apresentando um valor muito próximo (252,80 mm). Vale lembrar que este ano ficou marcado pela falta de chuvas em todo o Brasil que contribuiu para a pior crise energética que o país já viveu, período do famoso “Apagão”.



(a)



(b)

Figura 2. Comparação entre acumulados mensais de precipitação com dados observados (azul) e imputados (vermelho), para a cidade de Rio Pomba, série1 (a) e série2 (b).

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A Figura 3 mostra as equiparações entre os dados diários e os acumulados mensais pelo coeficiente de determinação (r^2), que indica a precisão das estimativas e pelo índice de concordância (d), medida de quão bem o modelo estima o afastamento dos dados da média observada. O r^2 apresentou valores baixos para dados diários, assim como as demais metodologias conhecidas, uma vez que é difícil definir os valores exatos de precipitação para um dia específico. Já para os acumulados mensais a metodologia MICE se mostrou bastante eficaz, tanto para o PASSADO quanto para o PRESENTE.

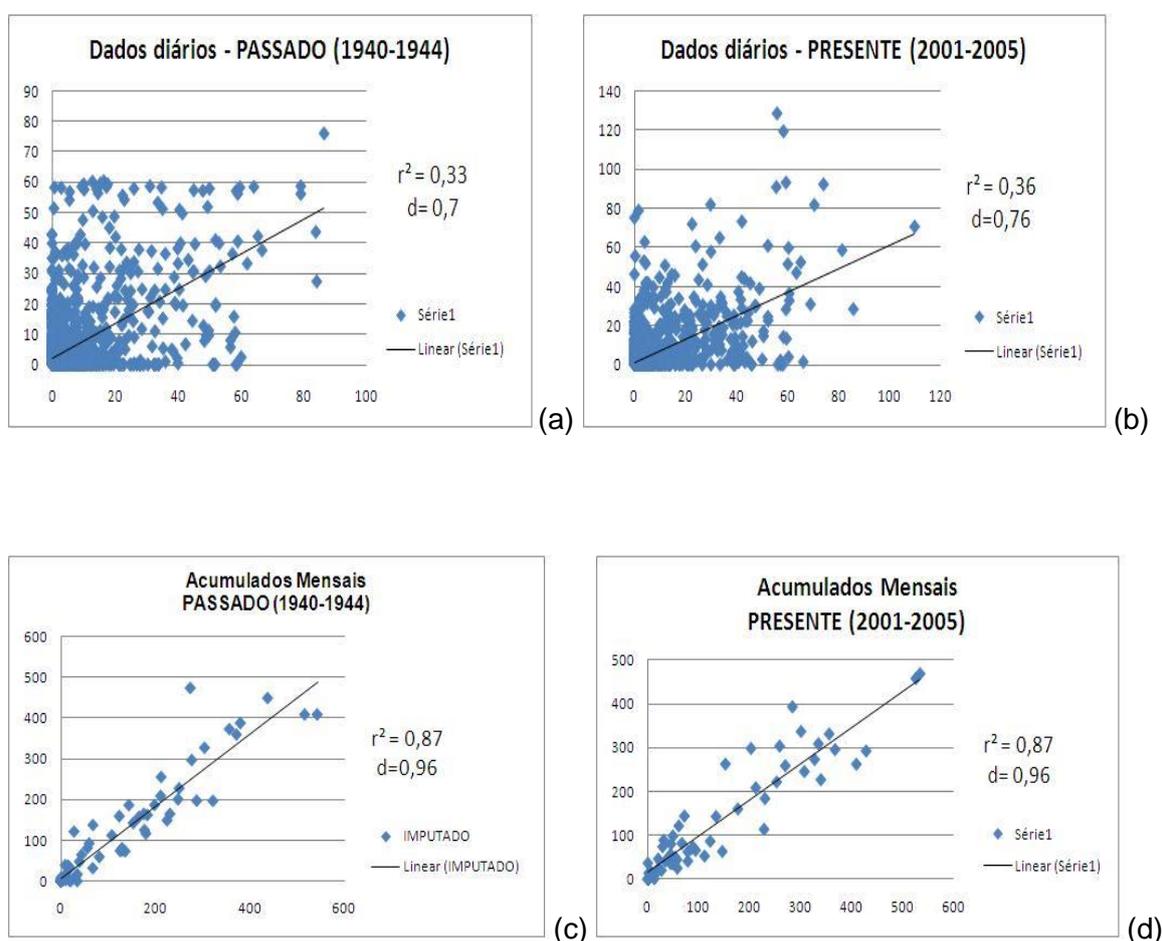


Figura 3. Correlações entre dados diários (a)(b) e acumulados mensais (c)(d) observados e imputados para o PASSADO e PRESENTE.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Para os dados diários, embora o coeficiente de determinação (r^2) tenha sido baixo, o índice de concordância (d) foi bastante competente, demonstrando que os valores têm alta exatidão, ou seja, elevada aproximação dos valores estimados em relação aos observados, onde 1 é o ajuste perfeito. Para os acumulados mensais, tanto os coeficientes

de determinação quanto os índices de concordância foram altos, sendo o último bastante próximo de 1 para as duas séries, ou seja, os valores para acumulados mensais foram precisos, pouco dispersos, e exatos, próximos ao valor verdadeiro.

Bertoni e Tucci (2007) alegam que das diversas metodologias testadas para preenchimento de dados faltosos de precipitação, nenhuma apresenta resultados aceitáveis para escala diária, apenas mensal e anual. Segundo Costa et al.(2012) e Silva et al.(2014), em séries históricas de dados com faltas, causadas por motivos diversos, a técnica MICE é utilizada para preenchimento dos mesmos.

Costa et al. (2012), obteve como resultado de preenchimento de dados diários faltosos para seis séries pluviométricas, no estado da Paraíba, valores de correlações de moderados a altos entre dados diários observados e imputados, e muito altos quando comparados aos acumulados mensais. O mesmo é relatado no presente capítulo, tendo os acumulados mensais apresentado valores maiores, se comparados aos dados diários. Assim, os dados obtidos se mostram seguros para usos posteriores.

3.3 Análise de consistência

Com as falhas devidamente preenchidas, foi feita uma análise de consistência para o período de 1967-2004, entre Rio Pomba e Coronel Pacheco- MG - uma vez que essa série possuía dados consistidos pelo INMET- Instituto Nacional de Meteorologia-, através do método da Dupla Massa, bastante difundido no Brasil (Figura 4). Essa metodologia busca confirmar o grau de homogeneidade dos dados disponíveis para um ponto se comparado às observações registradas em pontos próximos, e consiste no confronto de duas curvas que são traçadas no plano cartesiano, uma nas ordenadas com os totais anuais acumulados da estação que irá ser analisada e outra nas abscissas com os totais médios anuais das demais estações (TUCCI, 1993).

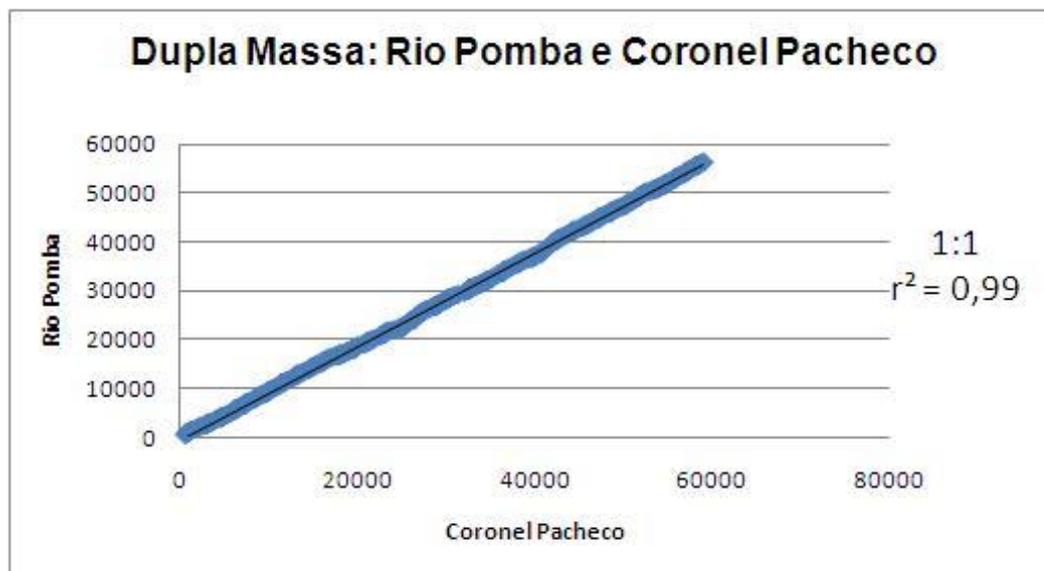


Figura 4. Análise de consistência Dupla Massa para Rio Pomba e Coronel Pacheco/MG para o período de 1967 até 2004.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Observa-se o coeficiente de determinação próximo a 1, indicação de alta precisão entre os dados das estações. O máximo de proporcionalidade dos valores resulta em pontos alinhados em uma única reta. Rio Pomba e Coronel Pacheco estão em uma área climatologicamente homogênea, e sendo os dados de Coronel Pacheco seguros, pôde-se intuir que a série de precipitação do município de Rio Pomba, após ter seus dados faltosos completos pela metodologia MICE, mostrou-se altamente confiável.

3.4 Variabilidade e climatologia da precipitação

Para fim de comparação da climatologia observada no período mais atual em relação ao observado num passado mais remoto, a série foi dividida em PASSADO (1936-1975) e PRESENTE (1976-2014) e obtiveram-se valores dos coeficientes de variação (CV) da precipitação pluvial no município de Rio Pomba, para os períodos mensais e anuais. O coeficiente de variação (CV) nas séries (PASSADO e PRESENTE) foi calculado pela relação entre o desvio padrão e a média aritmética.

O histograma (Figura 5) mostra que para o intervalo de 1 até 2mm ocorreram 871 eventos, enquanto o pico de eventos está entre 2,1 e 4mm, com 1039 casos. Observa-se que conforme o valor precipitado aumenta a frequência, geralmente, diminui. O maior valor precipitado, 179,2mm, ocorreu em 12 de janeiro de 1983, seguido pelos 128,7mm do dia 20 de janeiro de 2003, ambos valores consistidos pela ANA.

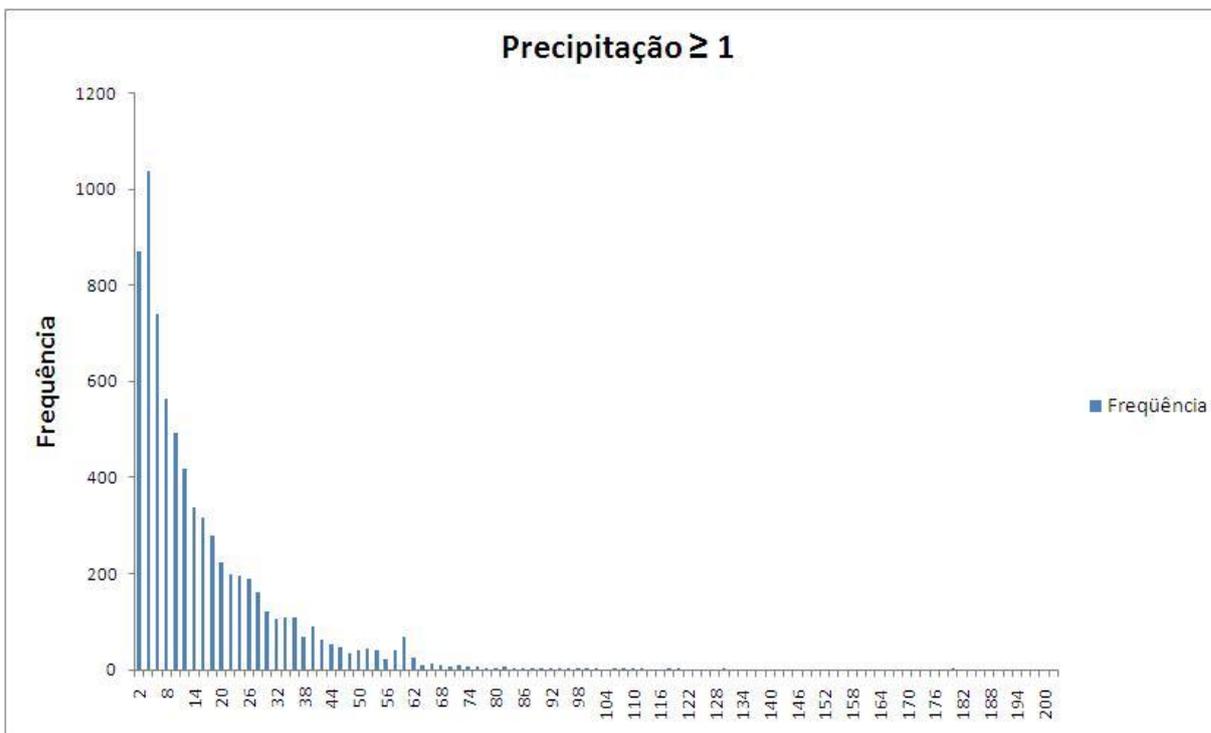


Figura 5. Histograma da série total (1936-2014) com valores de precipitação maiores ou iguais a 1mm.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A média anual para PASSADO (1936-1975) e PRESENTE (1976-2014), assim como o desvio padrão e coeficiente de variação total, estão demonstrados na Tabela 1, onde é possível verificar que as médias de precipitação apesar de próximas, foram um pouco maiores na série PRESENTE, assim como o desvio padrão. Já o coeficiente de variação (CV) mostrou que a medida de dispersão da variável analisada foi menor, se comparado ao PASSADO.

Tabela 1. Dados obtidos a partir dos acumulados anuais para o PASSADO e PRESENTE.

Índice	1936-1975	1976-2014
Média anual	1447,8mm	1505,41mm
Desvio Padrão	291,07	297,29
CV	20,10	19,75

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define Normais Climatológicas como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” (INMET, 2016). A Figura 6 representa o comportamento da precipitação nos meses do ano, para o PASSADO e

PRESENTE. Em ambas as séries é possível verificar as chuvas concentradas nos meses de outubro a março, principalmente em dezembro e janeiro, enquanto os meses de abril a setembro caracterizam o período de seca, sendo junho, julho e agosto os mais críticos com relação a falta de água. No PASSADO o mês com maior precipitação era dezembro, já no PRESENTE esse dado foi alterado, sendo janeiro o mês de maior volume de chuva, embora a queda da precipitação em dezembro tenha sido pequena, se comparada ao PASSADO.

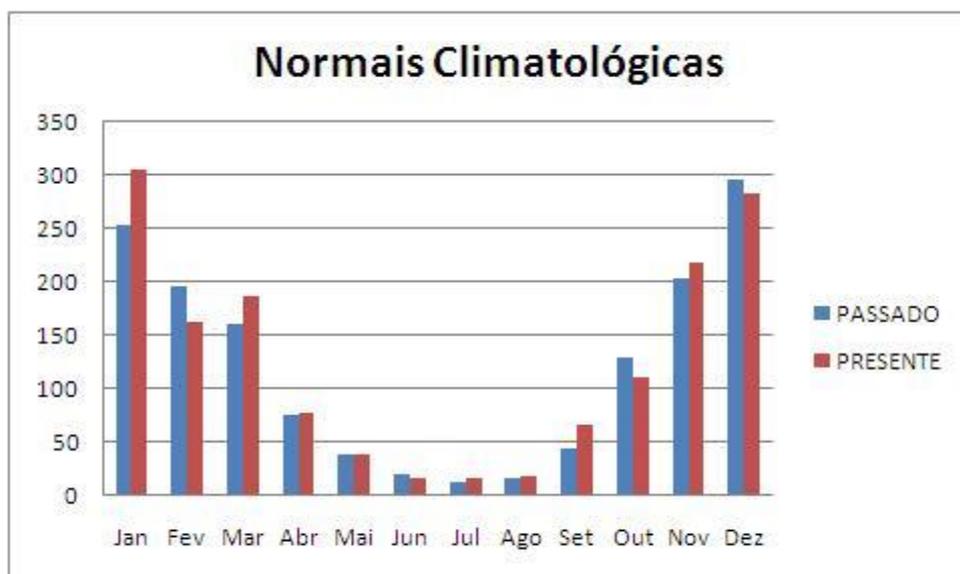


Figura 6. Normais climatológicas para Rio Pomba- MG, PASSADO (1936-1975) e PRESENTE (1976-2014).

Fonte: Elaborado pelas autoras.

3.5 Veranicos

Neste capítulo, para determinar o início e fim do período chuvoso utilizou-se os critérios de Costa (1994), que considera o início das chuvas a primeira data após 1º de outubro com mais de 20mm em um ou dois dias consecutivos. O fim da estação chuvosa ocorre quando as chuvas começam a ficar muito espaçadas umas das outras, e segue o seguinte critério: primeiro dia de um período seco com pelo menos 15 dias de duração que termine após 1º de março. O autor destaca que o fim da estação chuvosa pode ocorrer antes de 1º de março e enfatiza o fato de que o dia 1º de março ser uma sugestão para as regiões em que a estação chuvosa se concentra no verão. Em outras regiões essa data pode ser diferente.

Foi considerado como um “dia de chuva” aquele em que a lâmina não é inferior a 1,0mm, pois valor de precipitação menor do que esse geralmente não infiltra no solo. A altura de chuva de 20mm foi escolhida por Costa (1994) por ser uma quantidade suficiente

para que ocorra a germinação de sementes já plantadas. Ainda segundo o autor: "numa estação climatológica, como a precipitação é medida no meio do dia, e pode estar chovendo no momento da observação, essa chuva após a medição só seria considerada no dia seguinte. Ao se utilizar o critério de 20mm em um ou dois dias, elimina-se este problema. Esse critério é mais conservador e menos sujeito a riscos. Geralmente são preferidos por agricultores tradicionais, que nunca se arriscam a plantar ainda no mês de setembro".

Através de uma programação, rodada no programa R, e adotando-se os critérios de Costa (1994), foi possível estimar as datas de início e fim de período chuvoso para Rio Pomba, sendo encontradas 14 de outubro e 11 de abril, respectivamente.

A média de precipitação da série total para os trimestres do ano estão expostas Figura 7. Os trimestres com maior precipitação foram o primeiro e o último, caracterizando a época chuvosa representando 85% do total anual, enquanto o segundo e terceiro caracterizam a época da seca. Resultado semelhante foi encontrado por Ferreira (2012). Este autor verificou que no município de Juiz de Fora 84% do total anual precipitado ocorre em janeiro, fevereiro, março e outubro, novembro, dezembro.

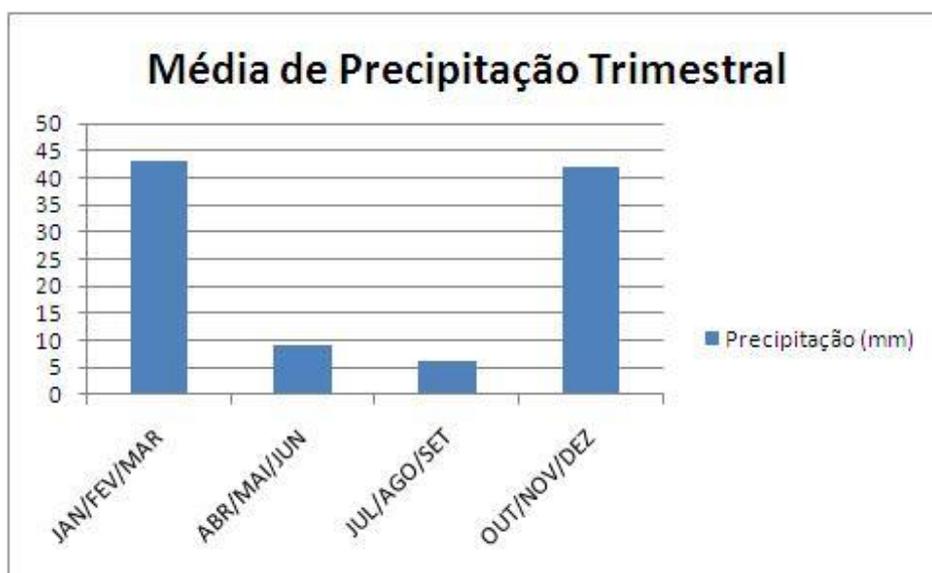


Figura 7. Média de precipitação para os trimestres do ano referentes a série total (1936- 2014).
Fonte: Elaborado pelas autoras.

A média anual de precipitação para Rio Pomba, segundo os anos de 1936 a 2014, foi 1476,26mm, enquanto a média anual de precipitação durante o período chuvoso foi 1275,96mm, o que representa 86,46%. Situação parecida mesmo ocorre no município de Juiz de Fora, cidade vizinha, onde o comportamento médio da precipitação durante o período chuvoso foi de 1302,16 mm de um total médio de 1550,08mm, para o período de 37 anos (1973 a 2010) de dados diários de 1 posto pluviométrico (FERREIRA, 2012).

Em relação aos veranicos, observou-se que 44,3% ocorreram do início do período chuvoso até o último dia do ano e 55,7% do primeiro dia do ano até o fim do período

chuvoso. Isto evidencia que a ocorrência desses eventos é maior no primeiro trimestre do ano, período esse que os produtores rurais devem ter maior cuidado com a lavoura. Foi possível notar que a maioria dos veranicos é de curta duração, sendo a maior quantidade de ocorrências com duração de três a seis dias (67,49%).

3.6 Mudanças climáticas e tendências

As mudanças climáticas nas diversas escalas espaciais (local, regional e global) têm sido discutidas com muito empenho pela comunidade científica (COUTINHO; MORAIS, 2012). Elas podem ser provenientes de processos naturais (alterações no eixo de rotação da Terra, explosões solares e dispersão de aerossóis emitidos pelas atividades vulcânicas), mas a atividade humana estaria intensificando tais acontecimentos nos últimos tempos. Um dos impactos das mudanças climáticas seria a alteração nos regimes de chuvas em algumas partes do planeta. Por isso, pesquisadores têm realizado estudos para detectar a presença de tendências em séries de precipitação e confirmar ou rejeitar a hipótese de mudança desta variável.

Pinheiro, Graciano e Severo (2013) avaliaram a presença de tendências nas séries temporais de precipitação no Sul do Brasil. Foram analisadas séries temporais diárias, mensais e anuais de 18 estações pluviométricas. Os resultados mostram uma tendência positiva dos máximos diários anuais ao longo do tempo, assim como significativa elevação dos totais mensais e anuais na maioria das estações.

Alexandre (2009) realizou um estudo para detectar tendências do regime de chuvas na Região Metropolitana de Belo Horizonte. A análise dos resultados obtidos a partir dos métodos estatísticos não evidenciou tendências nas séries de totais anuais e nas de totais mensais máximos anuais. Entretanto, os resultados indicaram para as séries de totais trimestrais e semestrais, tendências positivas para o período menos chuvoso em detrimento de uma diminuição de chuvas no período mais chuvoso.

Na região Sudeste do Brasil, o período chuvoso ocorre entre os meses de outubro a março. Segundo informações da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), nos últimos três anos, tem sido observadas precipitações abaixo da média histórica em algumas bacias dessa região, resultando em vazões muito baixas nos cursos d'água e acarretando problemas de escassez de água em diversos segmentos econômicos. De acordo com os dados do Boletim n.05 realizado pela Superintendência Regional da CPRM de São Paulo, verificou-se que em todas as bacias operadas, entre elas a Bacia do Rio Pomba, o total acumulado no atual período chuvoso de outubro de 2014 a março de 2015,

foi menor do que o total acumulado da média histórica para o mesmo período (CPRM, 2015).

Na busca por eventuais tendências climáticas nas séries de precipitação no município de Rio Pombo, a série total, com as falhas naturais preenchidas, foi utilizada para criar índices de extremos climáticos com finalidade de monitorar e detectar as alterações. Para isso fez-se uso do software R-ClimDex 2.3.1 (ZHANG; YANG, 2004), disponível gratuitamente no site <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.html>.

O R-ClimDex é um software de fácil manuseio, que usa o programa R como plataforma e está disponível gratuitamente para os ambientes Windows e Unix. Ele é capaz de gerar 27 índices climáticos de precipitação e temperatura, recomendados pelo CCI/CLIVAR Expert Team for Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDMI). No presente trabalho foram analisados 11 índices para precipitação, descritos no Quadro 1. Tais índices descrevem as características particulares de extremos, incluindo a frequência, amplitude e persistência (Costa et al., 2012).

Índice	Definição	Unidades
RX1day	Precipitação máxima em 1 dia no ano	Mm
RX5day	Precipitações máximas em 5 dias consecutivos no ano	Mm
SDII	Média de precipitação nos dias com chuva	mm/dia
R10mm	Contagem de dias no ano com precipitação maior ou igual a 10 mm	Dia
R20mm	Contagem de dias no ano com precipitação maior ou igual a 20 mm	Dia
R25mm	Contagem de dias no ano com precipitação maior ou igual a 25 mm	Dia
CDD	Número máximo de dias secos consecutivos	Dia
CWD	Número máximo de dias úmidos consecutivos	Dia
R95p	Quantidade de chuva anual que excedeu o percentil de 95 da precipitação durante o período analisado	Mm
R99p	Quantidade de chuva anual que excedeu o percentil de 99 da precipitação durante o período analisado	Mm
PRCPTOT	Precipitação total anual para dias úmidos	Mm

Quadro 1. Definições dos 11 índices de precipitação usados no estudo.

Fonte: Costa et al. (2012).

No R-Climdex, antes dos índices climáticos serem calculados, os dados passam por um controle de qualidade, que inclui: 1) Substituir todas as falhas (atualmente codificadas como -99.9) em um formato interno que o R reconhece (ou seja, NA, "Não Disponível"), e 2) Substituir todos os valores "discrepantes" por NA. Esses valores referem-se a precipitação diária menor que zero (ZHANG; YANG, 2004). Na série histórica de

precipitação de Rio Pomba, como já haviam sido realizados o preenchimento de dados faltosos e a análise de consistência, não foi detectada nenhuma falha ou discrepância pelo controle de qualidade do R-Climdex.

O software fornece dados estatísticos para cada índice, como, por exemplo, tendência linear calculada pelo método dos mínimos quadrados, nível de significância estatística da tendência (valor p), coeficiente de determinação (r^2), erro padrão de estimativa e todos os gráficos das series anuais. Foram considerados como possíveis mudanças climáticas, aqueles que apresentaram tendências lineares (positivas ou negativas) superiores ao erro padrão de estimativa e com alta significância estatística ($p < 0,05$) (Costa et al., 2012).

Os dados rodaram no R-Climdex em séries separadas, denominando de PASSADO o período de 1936-1975 e PRESENTE o período de 1976-2014.

Os resultados do programa mostraram que três índices climáticos, sendo eles contagem de dias no ano com precipitação maior ou igual a 20mm (R20mm) e 25mm (R25mm) e média de precipitação nos dias com chuva no ano (SDII), foram estatisticamente significativos com tendência negativa para o PASSADO. Já para a série PRESENTE não foram estatisticamente significativos. Isto quer dizer que para o período de 1936 até 1975 houve redução gradativa no número de dias com precipitações maiores ou iguais a 20 e 25mm e as médias de precipitação nos dias com chuva no ano tenderam a diminuição.

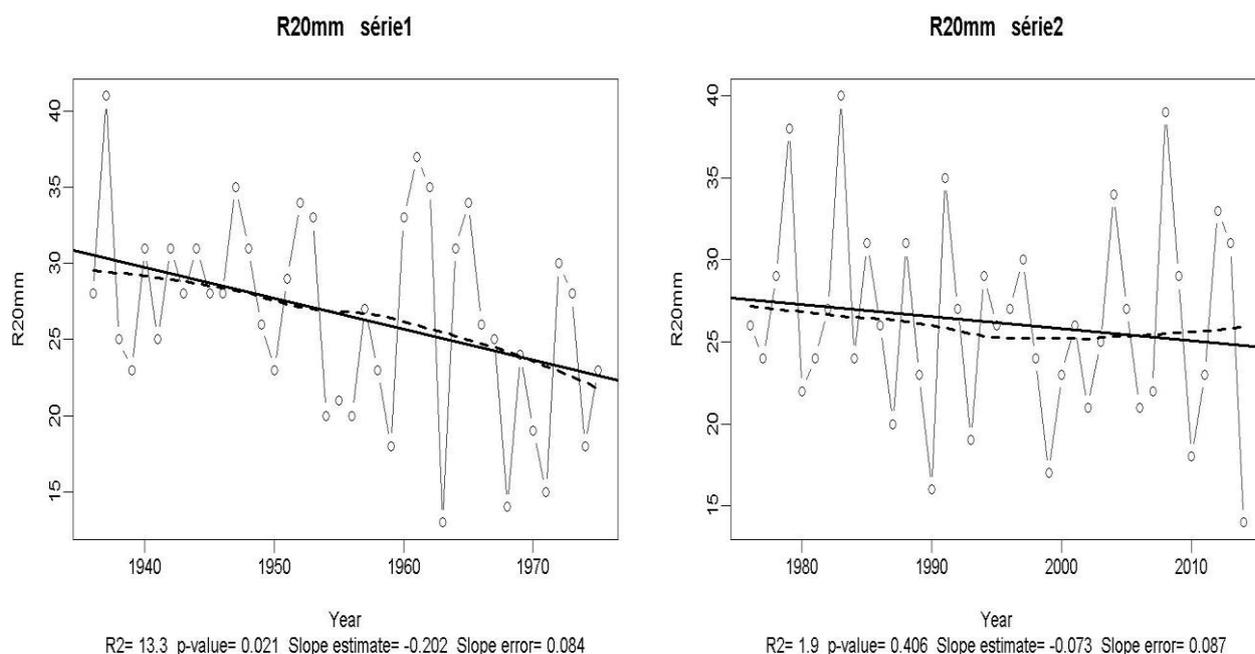


Figura 8. Índice climático de contagem de dias no ano com precipitação maior ou igual a 20 mm para a série 1 (PASSADO) e para a série 2 (PRESENTE).

Fonte: Gerado pelo software R- Climdex com os dados da pesquisa.

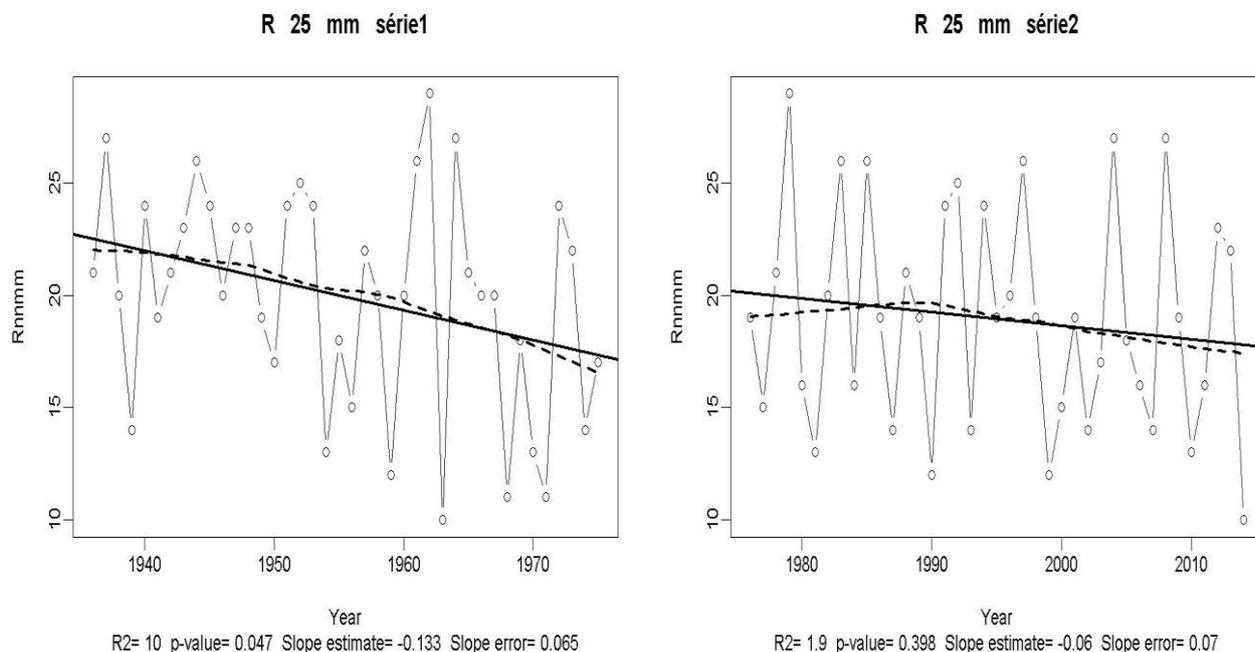


Figura 9. Índice climático de contagem de dias no ano com precipitação maior ou igual a 25 mm para a série 1 (PASSADO) e para série 2 (PRESENTE).

Fonte: Gerado pelo software R- Climdex com os dados da pesquisa.

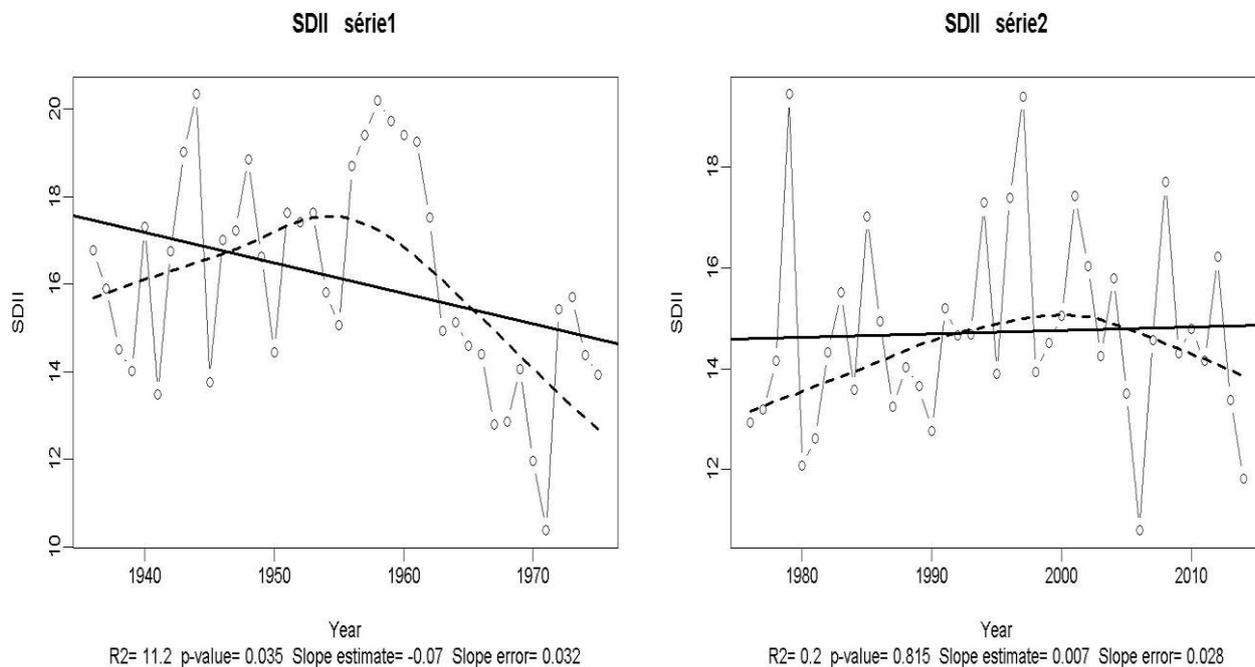


Figura 10. Índice climático para média de precipitação nos dias com chuva no ano para a série 1 (PASSADO) e para a série 2 (PRESENTE).

Fonte: Gerado pelo software R- Climdex com os dados da pesquisa.

O índice climático "quantidade de chuva anual que excedeu o percentil 99 da precipitação durante o período analisado" (R99p) foi estatisticamente significativo com

tendência positiva para a série PASSADO, sugerindo aumento no número de eventos extremos de precipitação.

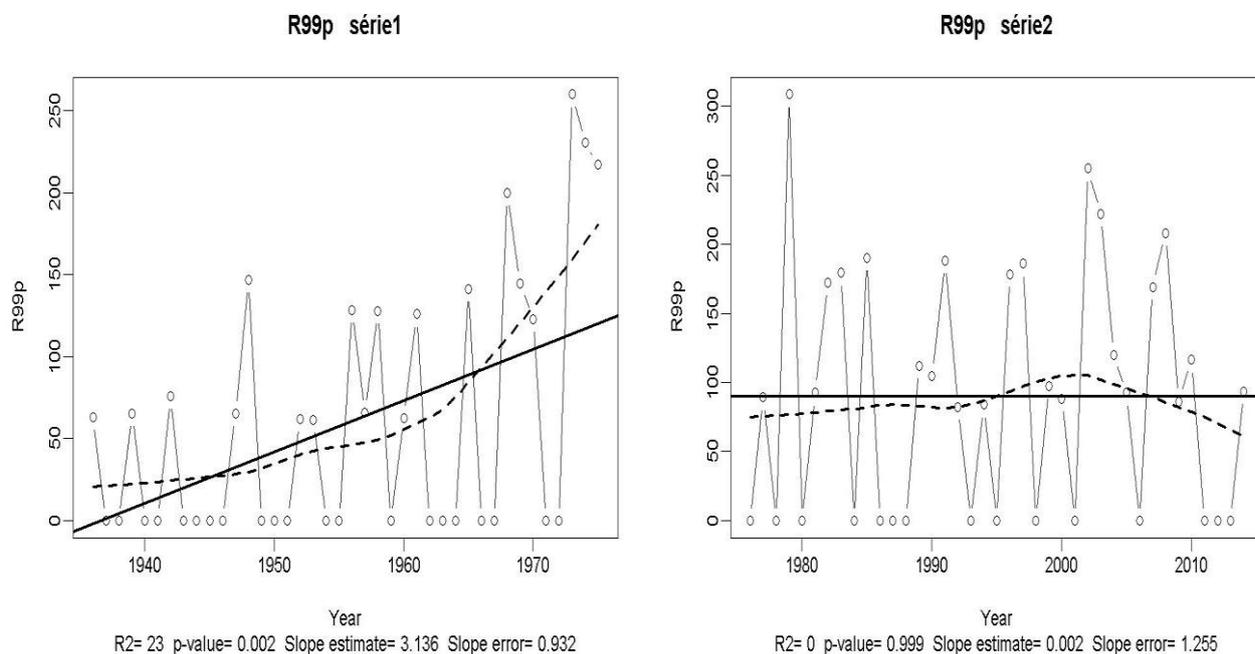


Figura 11. Índice climático para quantidade de chuva anual que excedeu o percentil 99 da precipitação durante o período analisado para a série 1 (PASSADO) e para a série 2 (PRESENTE). **Fonte:** Gerado pelo software R- Climdex com os dados da pesquisa.

Os outros sete índices gerados pela programação não apresentaram significância estatística. Pelo exposto, pôde-se concluir que apenas alguns índices pluviométricos sofreram alteração na sua tendência ao longo dos anos na série mais antiga (PASSADO). Na série PRESENTE não foram observadas mudanças climáticas significativas nos índices pluviométricos do município de Rio Pomba- MG.

Em trabalho semelhante desenvolvido por Costa et al. (2012) no Estado da Paraíba, foi possível observar também que apenas alguns índices pluviométricos apresentaram tendências estatisticamente significativas.

4. Conclusões

A partir da metodologia MICE foi possível obter uma base de dados de precipitação confiável para o município de Rio Pomba, podendo a mesma ser empregada em outros estudos científicos ou usada para gerar informações para os produtores do município.

A constatação de que a maioria dos veranicos ocorre no primeiro semestre do ano é fundamental para auxiliar o manejo das atividades que dependem principalmente da água da chuva.

Pôde-se verificar que em Rio Pomba as chuvas concentram-se nos meses de outubro a março, principalmente em dezembro e janeiro, enquanto os meses de abril a setembro caracterizam o período de seca, sendo junho, julho e agosto os mais críticos.

Apenas alguns índices pluviométricos sofreram alteração na sua tendência ao longo dos anos na série mais antiga (PASSADO). Na série PRESENTE não foram observadas mudanças climáticas significativas nos índices pluviométricos do município de Rio Pomba - MG.

Agradecimentos

Ao Departamento Acadêmico de Agricultura e Ambiente, à orientadora Marine Cirino Grossi Reis pela oportunidade de trabalho, aos amigos, familiares, ao IF Sudeste de MG, *Campus* Rio Pomba pela concessão da bolsa e apoio à pesquisa.

Referências

- ALEXANDRE, G. R. **Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de métodos estatísticos e modelos climáticos**. 2009. 193f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2009.
- ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CASTRO, C. A. C. Início das chuvas na Região Sudeste do Brasil: Análise Climatológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** 2002. p. 1403-1410.
- ALVES, L.M.; MARENGO, J.A.; CAMARGO JR., H.; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil: Parte 1 – Estudos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.3, p.385-394, 2005.
- ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Variabilidade, anomalia e mudança climática. **Material didático da disciplina Meteorologia Agrícola**. Departamento de Ciências Exatas. ESAL/USP, 6 p. 2007.
- ASSAD, E.D.; SANO, E. E.; MASUMOTO, R.; CASTRO, L.H.R.; SILVA, F.A.M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 28, n. 9, p. 993 – 1003, 1993.
- BERTONI, J. C., TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre, UFRGS. p. 177 – 241. 2007.
- COSTA, M. H. **Análise de dados de precipitação**. Viçosa: AEAMG, 1994. 21p. (Caderno didático, 11)

COSTA, R. L.; SILVA, F. D. S.; SARMANHO, G. F.; LÚCIO, P. S. Imputação multivariada de dados diários de precipitação e análise de índices de extremos climáticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.03, p. 661-675, 2012. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/407/309>>. Acesso em: 01 junho de 2015.

COUTINHO, M. D. L E MORAIS, M. D. C. Balanço Hídrico da Climatologia Média e de Cenários Climáticos em São José de Mipibu – RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.5, n.3, p. 694-707, 2012. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/422/311>>. Acesso em: 14 de abril de 2015.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS HÍDRICOS (CPRM). **Acompanhamento da estiagem na região Sudeste do Brasil**: área de atuação da superintendência regional da CPRM de São Paulo. São Paulo, mar./2015. (Boletim, 5). Disponível em: <www.cprm.gov.br>. Acesso em: 01 de julho de 2015.

CUPOLILLO, F. Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce. 2008. 153 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FERREIRA, C.C.M. Estudo do comportamento do período chuvoso em Juiz de Fora – MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.953–963, 2012.

GUIMARÃES, D. P.; REIS, R. J. DOS; LANDAU, E. C. **Índices Pluviométricos em Minas Gerais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2010. 88p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Desenvolvimento e Pesquisa, 30)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. 2014. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=315580>. Acesso em: 26 maio de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico de 2010**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8> > Acesso em: 12 jun. de 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais Climatológicas e Balanço Hídrico**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/normais/>> Acesso em 17 de maio 2016.

JENSEN, N.E.; PEDERSEN, L. Spatial variability of rainfall: Variations within a single radar pixel. **Atmospheric Research**, v.77, n.1, p.269-277, 2005.

LIEBMANN, B., e D. ALLURED, Daily precipitation grids for South America. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, n. 86, p.1567-1570, 2005.

MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; BARBOSA, E. da M.; MELO JÚNIOR, J. C. F. de; CATALUNHA, M. J. Estudo Climático do Comportamento do Período Chuvoso no Estado de Minas Gerais. **Revista Ceres**, mar./abr.2006. p. 266-275.

MINUZZI, R. B., SEDIYAMA, G. C., BARBOSA, E. D. M., & MELO JÚNIOR, J. C. F. D. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 3, p. 338-344, 2007.

NIMER, E. Climatologia da Região Sudeste do Brasil- Introdução à Climatologia Dinâmica - Subsídios à Geografia Regional do Brasil. **Rev. Bras. Geog.** Rio de Janeiro. ano 34, n.1. p.3-191. jan./mar.1972.

PEREIRA, E. R. R.; FREITAS, J. C. de; ANDRADE, A. R. S. de; MACEDO, M. L. A. de; SILVA NETO, M. F. da. Variabilidade do número de dias de chuva no estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.7-26, 2012.

PINHEIRO, A; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 03, p. 442-455, 2013.

RUIZ-CÁRDENAS, R.; KRAINSKI, E. T. Preenchimento de falhas em bancos de dados meteorológicos diários: uma comparação de abordagens. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 17., 2011. Guarapari. **Anais...** Guarapari: 2011. 5 p.

SANTOS, S. R., SANSIGOLO, C. A., DOS SANTOS, A. P. P. Dinâmica temporal em múltiplas escalas de tempo dos eventos secos e chuvosos no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 5, p. 1292-1300, 2016.

SILVA, F. D.dos S.; RAMOS, R. M.; COSTA, R. L.; AZEVEDO, P. V. de; Sistema de Controle de Qualidade para Dados Diários de Variáveis Meteorológicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.7, n.5, p. 827-836, 2014.

SILVA, M. M. P.; OLIVEIRA, N. F.; CAVALCANTE, N. B. Probabilidade de ocorrência de dias secos e chuvosos. **Boletim Técnico do Instituto Nacional de Meteorologia**, Brasília, v. 20, n. 146, p. 51-90, 1981.

SILVA, V. P.; PEREIRA, E. R.; AZEVEDO, P. V.; SOUSA, F. D. A.; SOUSA, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRG, 1993. 943 p.

VAN BUUREN, S., BRAND, J.P.L., GROOTHUIS-OUDSHOORN, C.G.M., RUBIN, D.B. Fully conditional specification in multivariate imputation. **Journal of Statistical Computation and Simulation**, v. 76, p. 1049-1064, 2006.

ZANDONADI, L., ACQUAOTTA, F., FRATIANNI, S., & ZAVATTINI, J. A. Tendências de alterações na precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do Rio Paraná, Brasil. In.: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. 10., 2014. Manaus. **Anais...** [S.l]: Associação Brasileira de Climatologia, 2014. p. 1459–1471.

ZHANG, X.; YANG, F. **R-ClimDex (1.0) User Guide**. Climate Research Branch Environment Canada, Downsview, Ontario, Canada. 22p. 2004

CAPÍTULO 4 - TRATAMENTO DE EFLUENTES AGROPECUÁRIOS: IMPORTÂNCIA E PROCEDIMENTOS

Onofre Barroca de Almeida Neto
William Luiz de Souza
Bruno Grossi Costa Homem
Igor Machado Ferreira
Iorranó Andrade Cidrini
Mateus José Inácio de Abreu

1. Introdução

O Brasil desempenha papel de destaque no agronegócio mundial, no qual possui o segundo maior rebanho comercial de bovinos do mundo, com cerca de 212 milhões cabeças (ANUALPEC, 2015) e o terceiro maior rebanho mundial de suínos, com mais de 32 milhões de cabeças (SILVA; FRANÇA; OYAMADA, 2015). Devido à grande pressão para o aumento da produção de alimentos, os sistemas de produção têm sofrido grandes modificações nas últimas décadas, passando de um sistema de criação extensivo para um modelo intensivo de confinamento.

Na adoção de sistemas intensivos de confinamento, ocasiona-se, como efeito colateral, a produção de grandes volumes de água residuária. Como exemplo, ao considerar que o volume médio de água residuária produzida somente pela fase de terminação de suínos varia de 12 a 15 litros animal.dia⁻¹, a quantidade final produzida atinge valores elevados, o que torna necessário seu descarte de maneira correta e segura (KONZEN, 2005). O mesmo vale para água residuária de bovinos, visto que a produção diária de fezes e urina corresponde a cerca de 6% do peso vivo de um animal adulto (HADDAD, 1995). No entanto, problemas ambientais em regiões intensificadas de produção animal têm aumentado, devido à alta geração de água residuária. Na maioria dos casos, o destino dos efluentes é feito de maneira errônea, com a simples disposição no solo e/ou lançados em cursos d'água, sem qualquer tratamento (GEBLER, 2007).

Águas residuárias sem tratamento possuem excesso de elementos contaminantes (nutrientes em grandes concentrações e formas não absorvíveis por plantas, metais pesados, patógenos, entre outros). Por este fato torna-se difícil sua absorção à mesma taxa em que são aplicados (PILLON et al., 2003). Dessa forma, a disposição inadequada das águas residuárias pode provocar danos mútuos ao sistema de produção, ao homem e, principalmente, ao meio ambiente, o que pode ocasionar prejuízos ao próprio empreendimento e impactos negativos no ecossistema (HARDOIM; GONÇALVES, 2000).

Devido à necessidade cada vez maior de preservação do meio ambiente e à necessidade de tratamento e destinação adequada dos efluentes, inúmeras tecnologias foram criadas com o objetivo de diminuir o descarte abusivo de efluentes no meio ambiente.

Entre elas, encontram-se o tratamento aeróbico, ou compostagem, que utiliza o ar atmosférico e resulta na produção de adubo orgânico, e o tratamento anaeróbio, com uso de biodigestores sem a presença de oxigênio, obtendo o biogás e o biofertilizante (COSTA, 2012). Além disso, o emprego de lagoas de decantação e estabilização como alternativa para tratamento de efluentes vem sendo estudado como alternativa de baixo custo e menores cuidados operacionais (ZANOTELLI et al., 2002; ESTRADA; HERNANDEZ, 2002; SOUSA et al., 2014).

Juntamente com a criação de sistemas de tratamento de efluentes, leis também foram criadas com normas quanto à legislação ambiental para o descarte no meio ambiente dos mesmos (DIESEL; MIRANDA; PERDONOMO, 2002).

Diante do exposto, esta revisão tem como objetivo abordar os temas relacionados ao tratamento de águas residuárias oriundas de atividades agropecuárias, principalmente, da suíno e bovinocultura, além da divulgação das linhas de pesquisa “Tratamento e destinação de resíduos agroindustriais” e “Gerenciamento ambiental e desenvolvimento sustentável” realizadas no IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba, que já têm vários projetos desenvolvidos ou em desenvolvimento, assim como vários trabalhos publicados.

2. Legislação de descarte de efluentes de animais

Como abordado anteriormente, um dos maiores problemas do confinamento é a alta concentração de animais em pequenas áreas geográficas, o que origina o principal problema da atividade, o elevado volume de efluentes e a concentração excessiva de nutrientes presentes em pequenas extensões de terra (RACHED, 2009; KUNZ; MIELE; STEINMETZ, 2009; BORTOLI, 2010).

Na União Europeia, de modo a mitigar muitos dos impactos ambientais provenientes da atividade suinícola, alguns países como França, Holanda e Dinamarca, modificaram a sua legislação ambiental. A mudança visou aumentar a proteção ambiental e impedir o avanço da contaminação do meio ambiente, reduzindo o volume de dejetos ou o número de animais produzidos por hectare (JONGBLOED; LENIS, 1998).

No que se refere às legislações ambientais relacionadas ao manejo de efluentes, o Brasil apresenta uma história recente se comparado a outros países que possuem um histórico mais antigo e que apresentam instrumentos legais testados e aprovados (PALHARES, 2009). No Brasil, deu-se maior importância a esse assunto, a partir de 1991, passando o Ministério Público a cobrar o cumprimento da legislação, aplicando advertências

e punições, como multas e fechamento de unidades produtoras (DIESEL; MIRANDA; PERDOMO, 2002).

Os efluentes em geral são danosos ao meio ambiente, podendo contaminar lençóis freáticos e cursos d'água superficiais quando lançados sem algum tratamento. O lançamento de efluentes de animais sem tratamento prévio em corpos hídricos ocasiona a elevação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da água, o que provoca diminuição do oxigênio dissolvido no meio; aumento da concentração de sólidos suspensos e de sólidos dissolvidos na água; eutrofização dos corpos hídricos e proliferação de doenças veiculadas pela água (Matos, 2007).

As exigências nacionais para lançamento de efluentes da bovinocultura e da suinocultura em corpos hídricos receptores seguem o disposto na Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430/2011. Essa resolução dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementando e modificando a Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2011).

A seguir, encontram-se resumidos, os parâmetros preconizados na referida norma, juntamente com os níveis permitidos para o lançamento de efluentes em corpos hídricos receptores:

- Potencial hidrogeniônico (pH): entre 5 e 9;
- Temperatura: inferior a 40 °C, e a variação de temperatura do corpo hídrico receptor não deverá exceder a 3 °C na zona de mistura;
- Sólidos sedimentáveis (SP): até 1 ml L⁻¹, com o teste em cone de Imhoff, durante 1 h;
- Óleos e graxas (OG): até 20 mg L⁻¹ para óleos minerais e até 50 mg L⁻¹ para óleos vegetais e gorduras animais;
- Ausência de material flutuante;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5 dias a 20 °C): remoção mínima de 60% de DBO, desde que os efluentes não conferissem ao corpo hídrico receptor características em desacordo com o seu enquadramento, segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011.

A Resolução CONAMA nº 430/2011 também delega aos órgãos ambientais estaduais as funções de fiscalizar, orientar e punir as atividades potencialmente poluidoras, bem como definir diretrizes locais para emissão dos efluentes (BRASIL, 2011). Assim, destacam-se as legislações de alguns Estados em relação à destinação de efluentes advindos da atividade de bovinocultura e suinícola:

- Santa Catarina (SC), com o Decreto nº 14.250, que regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, referentes à proteção e melhoria da qualidade ambiental (SANTA CATARINA, 1981);

- Minas Gerais (MG), com a Deliberação Normativa Conjunta do Conselho de Política Ambiental do Estado e do Conselho Estadual de Recursos Hídricos COPAM/ CERH nº 1/2008 (MINAS GERAIS, 2008);
- Mato Grosso do Sul (MS), com a Deliberação Normativa Conselho Estadual de Controle Ambiental (CECA) nº 003, que dispõe sobre a preservação e utilização das águas das bacias hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul (MATO GROSSO DO SUL, 1997);
- Rio Grande do Sul (RS), com a Portaria nº 05/1989, que dispõe sobre critérios e padrões de efluentes líquidos a serem observados por todas as fontes poluidoras que lancem seus efluentes nos corpos de água (RIO GRANDE DO SUL, 1989).

Na Tabela 1, a seguir, são apresentados padrões que os efluentes devem atingir para serem descartados em corpos hídricos receptores, por Estado:

Tabela 1. Resumo dos padrões complementares de lançamento de efluentes em corpos hídricos receptores, conforme as legislações dos Estados de Minas Gerais (MG), Santa Catarina (SC), Mato Grosso do Sul (MS) e Rio Grande do Sul (RS).

Parâmetros	Estados			
	MG	SC	MS	RS
DBO ₅	60	60	60	VR
Ef _{min} (%)	85	80	-	-
DQO	180	-	-	VR
SS	100	-	-	VR
Cu	1,0	0,5	1,0	0,5
Zn	5,0	1,0	5,0	1,0
N _{total}	20	10	-	10
P _{total}	-	1,0	-	1,0

Ef_{min} - eficiência mínima de remoção da DBO₅ requerida pelo sistema de tratamento em %; e VR - variável com a vazão do efluente.

Fonte: Adaptado de (BATISTA et al., 2014).

Atualmente, o Brasil não conta com uma legislação direcionada à aplicação de efluentes de animais no solo. No entanto, no Estado de Santa Catarina, o único preceito legal que normatiza a aplicação de efluentes de animais no solo é a Instrução Normativa nº 11 da Fundação do Meio Ambiente (FATMA) (IN nº 11-FATMA, de 13/12/2004). Essa Instrução Normativa restringe a aplicação de efluentes líquidos de suínos no solo a uma dose máxima de 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹.

Na legislação ambiental de alguns países europeus (Tabela 2), a aplicação de efluentes baseia-se na quantidade de nutrientes de referência, normalmente, nitrogênio ou fósforo.

Tabela 2. Limites da aplicação de efluentes no solo em alguns países europeus.

Países	Limite
França ¹	N máximo 170 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ P máximo de 43,8 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
Dinamarca ^{1, 2}	N máximo de 230 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
Holanda ^{1, 3}	N máximo de 250 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ P máximo de 52,6 e 43,8 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ para pastagens e outras culturas, respectivamente
Áustria ⁴	N máximo de 230 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
Bélgica ⁵	N máximo de 250 e 170 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ para pastagens e outras culturas, respectivamente
Polônia ⁵	N máximo de 170 kg ha ⁻¹ ano ⁻¹

Fonte: ¹Jongbloed et al. (1999); ²Commission Decision (2005a); ³Commission Decision (2005b); ⁴Commission Decision (2006); ⁵Beghin e Metcalfe (1998).

O tratamento de efluentes é a melhor alternativa para reduzir o potencial poluidor, devido à grande quantidade de animais confinados em uma pequena área de terra. Assim, o tratamento dos efluentes de animais promove o beneficiamento do meio ambiente e cumpre as leis e instruções normativas de proteção ambiental.

3. Sistemas utilizados para tratamentos de efluentes

Os sistemas de tratamento de efluentes agropecuários revestem-se de grande importância sanitária, tendo em vista o intenso crescimento de atividades da área. A essência dos sistemas de tratamentos de efluentes está relacionada com o conhecimento dos principais parâmetros estabelecidos por lei, que devem ser levados em consideração em um projeto para propiciar eficiência econômica na remoção dos contaminantes.

Muitos estudos têm sido feitos buscando solucionar dúvidas que pairam no meio científico sobre o assunto (NUNES, 2003; PALHARES; MASSOTI; SOUZA, 2003 e TRINDADE et al. 2015). No entanto, esses estudos possuem fundamental importância no planejamento dos sistemas, uma vez que esses são processos que requerem grande investimento inicial de implantação. Nesse contexto, é importante fazer um comparativo de algumas tecnologias de manejo de tratamento de efluentes que são utilizados no Brasil há alguns anos (Tabela 3).

O manejo inadequado dos resíduos, segundo Kunz; Higarashi; Oliveira (2005), pode ocasionar a contaminação de rios, de lençóis subterrâneos, do solo e do ar. Sendo assim, várias alternativas de tratamento de efluentes têm sido propostas. As lagoas de estabilização para tratamento de efluentes são consideradas entre os métodos de tratamento de águas residuárias e industriais, como sendo os mais fáceis, econômicos e eficientes (PERDOMO; OLIVEIRA; KUNZ, 2003). Suas vantagens em relação a outros tipos de tratamento têm sido destacadas, uma vez que apresentam um excelente desempenho quanto à eficácia na remoção de matéria orgânica, dos sólidos, dos nutrientes e de coliformes fecais. Além dos baixos custos de implantação e manutenção (MEDRI, 1997).

Tabela 3. Comparativo de algumas tecnologias de tratamento de efluentes utilizadas no Brasil.

Tecnologias	Vantagens	Desvantagens	Referência
Esterqueira/bioesterqueira	Baixo custo, facilidade de operação.	Odor, baixa estabilidade do dejetto, necessidade de área para aplicação.	Gosmann (1997)
Separador de sólidos (peneiras)	Rapidez, móvel e compacto, fração sólida com menos umidade.	Alto consumo de energia elétrica, preço relativamente alto, eficiência de separação.	Veiga (1999)
Decantador de palhetas (reator UASB)	Facilidade de operação, baixo custo, alta eficiência de separação.	Lento, gera grande volume de lodo com umidade alta.	Duda & Oliveira, 2011) Perdomo (2001)
Biodigestores	Reduz o odor, agrega valor ao dejetto pela produção de fertilizante e biogás.	Suscetível a mudanças de manejo, como uso de antibióticos e desinfetantes.	Palhares; Massoti; Souza, (2003)
Sistemas de lagoas em série	Grande eficiência, custo relativamente baixo.	Problema com odor, tempo de residência muito alto.	Medri (1997) Costa et al. (1997) Silva (1996)
Lagoas de alta taxa e aerada	Aumenta a remoção de nutrientes.	Aumenta o tempo de tratamento e a área ocupada pelo sistema.	Belli Filho et al. (2001) Oliveira (2002) continua

Tecnologias	Vantagens	Desvantagens	Referência (continuação)
Compostagem	Reduz o odor e de insetos, agrega valor (fertilizante).	Exige manejo adequado (umidade, aeração, temperatura)	Tumelero (1998) Nunes (2003) Oliveira et al. (2001)
Sistema de cama sobreposta	Idem compostagem, redução de consumo de água para higienização, conforto animal.	Manejo do sistema para eliminar riscos sanitários	Goulart (1997) Corrêa (1998) Oliveira et al. (2000)

Fonte: Kunz et al. 2005.

A base dos sistemas são, principalmente, os tratamentos aeróbico e anaeróbico dos efluentes, podendo ser em série ou únicos. Atualmente, o mais aplicado é a confecção de sistemas que integrem eficientemente mais de um processo de manejo de tratamento para melhor eficiência de remoção. Sendo assim, a Embrapa em conjunto com a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desenvolveu um sistema completo para tratamento de dejetos de suínos. O sistema foi composto por uma caixa de homogeneização, seguida de um separador de fases, duas lagoas anaeróbias, uma lagoa facultativa e uma de aguapés, visando buscar melhorar o desempenho e reduzir o tempo de retenção hidráulica (MEDRI, 1997).

Outra forma que tem ganhado impulso pela comunidade científica é o desenvolvimento de modelos matemáticos que contribuem para o planejamento adequado dos sistemas de tratamento, tornando-os eficientes na remoção dos poluentes de forma econômica e sustentável. No entanto, ainda faltam pesquisas que maximizam a acurácia dos modelos, o que os torna válidos para planejamento do sistema, mas são complexos para aplicação no campo. De maneira geral, a sequência básica de sistemas de tratamento mais empregados em pequenas propriedades segue a seguinte cronologia de lagoas de estabilização (Figura 1; PERDOMO; OLIVEIRA; KUNZ, 2003; TRINDADE et al., 2015):

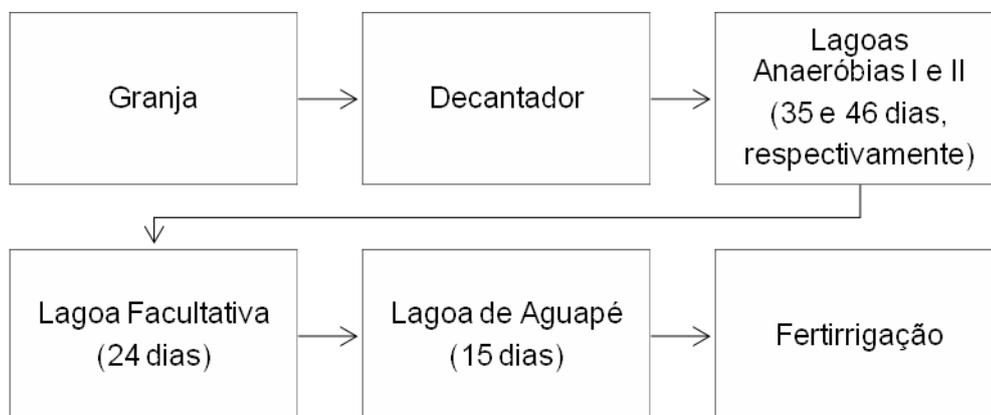


Figura 1. Esquema do uso de um conjunto de lagoas de estabilização para tratamento de água residuária de suínos.

Fonte: Adaptado de Perdomo; Oliveira; Kunz (2003) Trindade et al. (2015).

O sistema de tratamento por lagoas de estabilização é um dos principais métodos para tratamento prévio dos efluentes. No entanto, para aumentar a eficiência aos subsequentes tratamentos, recomenda-se passar o efluente por um decantador, que possui como principal função retirar a parte sólida, além de gerar material para composto orgânico (nesta etapa 15% de sólidos em relação ao volume diário são gerados). Passada esta

etapa, o efluente é encaminhado para o tratamento primário, nas lagoas anaeróbias, que são profundas para o desenvolvimento de bactérias anaeróbias, com função de reduzir a carga orgânica. Em seguida, ocorre o tratamento secundário através de lagoas facultativas que possuem objetivo de reduzir a carga orgânica e diminuir a concentração de nutrientes. As lagoas facultativas possuem como característica, menores profundidades, o que propicia o desenvolvimento de microrganismos vegetais como as algas, além de bactérias anaeróbias. Ao final, o efluente chega ao tratamento terciário, constituído pela lagoa de aguapés, nas quais são alternativas para reduzir os teores de nitrogênio (N) e fósforo (P), por meio da vegetação que nelas se desenvolvem (PERDOMO; OLIVEIRA; KUNZ, 2003; KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2005; BAIÃO et al., 2014; TRINDADE et al., 2014).

Além desses sistemas, existem também os sistemas que constituem restritamente em anaerobiose. Esses sistemas são, principalmente, os reatores UASB (biodigestor do tipo de fluxo ascendente com leito de lodo) e os biodigestores. Esses sistemas são projetados para degradação máxima da matéria orgânica com o principal propósito da estabilização parcial da matéria orgânica, e não da purificação da água para posterior descarga em corpos receptores (LOEHR, 1974). Neste contexto, destacam-se os parâmetros que controlam o processo de biodigestão anaeróbica para maximizar a eficiência do sistema, a saber: tempo de retenção hidráulica (TRH), carga orgânica volumétrica, carga orgânica superficial. O TRH é definido pela relação $TRH = \text{volume do reator em m}^3 / \text{vazão hidráulica em m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$, sendo assim, qualquer alteração na TRH afeta o período de contato entre o substrato e os microrganismos anaeróbios, o que é um fator crucial na tentativa de maximizar a atividade metanogênica nesses sistemas (KIM et al., 2012).

Os reatores UASB são biodigestores dotados de um separador trifásico que possibilita a separação do efluente líquido do biogás e do lodo biológico que contém os microrganismos. Na sequência, segue um esquema ilustrativo do sistema (Figura 2).

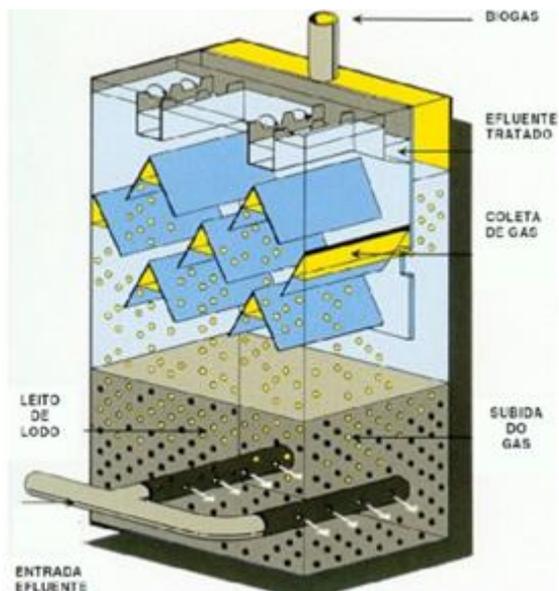


Figura 2. Esquema de um reator biológico anaeróbico do tipo UASB (A)
Fonte: LAMO; DIAS, 2000.

Esse sistema é uma alternativa às lagoas anaeróbicas, uma vez que são utilizados para diversos resíduos com volumes menores, em comparação às lagoas anaeróbicas. Os reatores UASB possuem certas características como, facilidade operacional e hidrodinâmica mais eficiente, boa adaptação às condições climáticas do Brasil, além de proporcionarem relativamente o mesmo efeito na redução de DQO (Demanda Química de Oxigênio) e ST (Sólidos totais), na ordem de 85,5 a 95,5% e de 76,4 a 96,1%, respectivamente (URBINATI; DUDA; OLIVEIRA, 2013; RODRIGUES et al, 2010). No entanto, vale ressaltar que esse sistema funciona muito bem com vazão e carga aplicada constante para obter maior eficiência de remoção da carga orgânica (ARAÚJO et al, 2012).

Já os biodigestores são sistemas de tratamento competitivos. Constituem em uma alternativa tecnológica para gerenciamento de efluentes, pois permite a agregação de valor ao resíduo mediante a utilização do biogás gerado em sistemas de geração de energia e calor (LEE et al. 2009).

O problema da gestão dos efluentes é relativamente complexo e não existe, *a priori*, uma única solução, mas há diversas possibilidades que apresentam seus pontos positivos e negativos. As pesquisas desenvolvidas, até o momento, oferecem resultados motivadores que orientam para a otimização, no campo, desses procedimentos e de novas alternativas que integrem a produtividade dos efluentes com a preservação ambiental (BELLI FILHO et al., 2001).

4. Caracterização das águas residuárias

A caracterização da água residuária se torna fundamental para o conhecimento prévio de seus nutrientes e ou contaminantes, contribuindo, assim, na diminuição dos impactos de sua utilização, no planejamento de sua destinação final e nos parâmetros a serem definidos pela legislação. No IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba, vários estudos foram realizados para caracterizar as águas residuárias de suinocultura, bovinocultura e cunicultura, além de avaliações através do uso das mesmas na fertirrigação de forrageiras, e, conjuntamente, caracterizando as alterações físicas e químicas do solo pelas sucessivas aplicações (HOMEM et al., 2012; CONDÉ et al., 2012; CONDÉ et al., 2013; HOMEM et al., 2014; HOMEM et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2016; SOUZA et al., 2016; LIMA et al., 2016 e ALMEIDA NETO et al., 2016).

A respeito das características das águas residuárias, como sua carga orgânica e mineral, teor de sólidos, entre outros, é de extrema importância sua caracterização tanto para verificar sua composição química, quanto para definir que quantidade deve ser aplicada, sem que ocorra nenhum problema ao sistema solo-planta.

A partir do momento que o efluente, a ser usado como fonte de nutrientes na adubação, foi caracterizado, as doses de aplicação de águas residuárias serão definidas levando-se em consideração o elemento químico contido em maior concentração relativa, o que define a dose agronomicamente recomendável (MATOS, 2008; CONDÉ et al., 2012).

5. Parcerias e Contribuições do IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba

O sistema de lagoas de estabilização como alternativa para tratamento de efluentes vem sendo estudado e empregado como alternativa de baixo custo, além de não exigir maiores cuidados operacionais (ESTRADA; HERNANDEZ, 2002). No entanto, estudos da eficiência de remoção de poluentes envolvendo a conjugação desses sistemas não têm sido muito frequentes, sobretudo no Brasil.

Com o objetivo de avaliar a eficiência de remoção de poluentes por sistema de lagoas de estabilização, foi realizado um estudo do IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba, em parceria com a Granja Suinícola Duduca situada na comunidade do Bom Jardim no município de Rio Pomba. A granja possui um sistema de tratamento do efluente composto por uma etapa de filtragem e decantação, posteriormente, três lagoas, sendo a primeira anaeróbica (L1), a segunda facultativa (L2) e, finalmente, a terceira de maturação (L3).

Na avaliação dos sólidos presentes no efluente tratado pelas lagoas, houve redução de todos os sólidos avaliados (Totais, Fixos, Voláteis, Suspensos e Dissolvidos;

Figura 3). Foi observada uma eficiência de tratamento do efluente da L3 em relação ao efluente que chega em L1 da ordem de 55,4; 30,3; 75,6; 82,1 e 76,7%, para os sólidos Totais, Fixos, Voláteis, Suspensos e Dissolvidos, respectivamente.

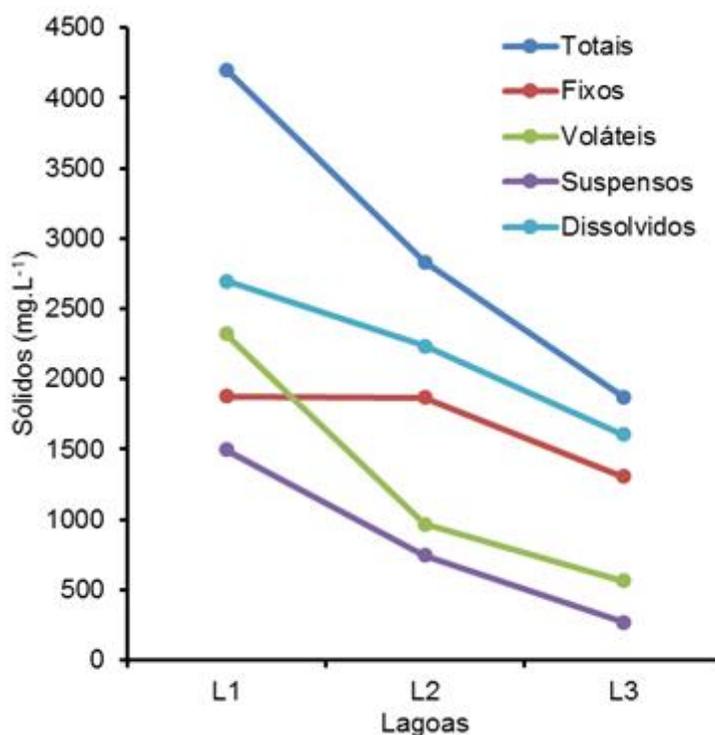


Figura 3. Eficiência do sistema de lagoas na remoção de sólidos dos efluentes
Fonte: Trindade et al. (2014).

Na Tabela 4, são apresentados os valores obtidos dos nutrientes e da carga orgânica presente no efluente posteriormente ao tratamento em cada lagoa. Houve uma redução considerável no teor de nitrogênio do efluente tratado da L3 em relação ao efluente de L1 (eficiência de 78,1%). O sistema de lagoas mostra uma capacidade elevada para remoção de nitrogênio, porém deve-se atentar para o fato de que grande parte desta remoção se dá por volatilização de amônia (*stripping*; VIVAM et al., 2010), haja vista que o pH das lagoas durante o desenvolvimento do trabalho sempre esteve na região alcalina, L1 pH = 9,09; L2 pH = 8,15 e L3 pH = 7,68. Nestas condições tem-se um deslocamento do equilíbrio químico de NH_4^+ para (TCHOBANOGLOUS; BURTON; STENSEN, 2003).

Tabela 4. Eficiência do sistema de lagoas na remoção de nutrientes e carga orgânica

Análises	L1	L2	L3
DBO (mg. L ⁻¹)	5459	3093	197
DQO (mg. L ⁻¹)	81125	39100	10425
Fósforo (mg. L ⁻¹)	63	62	22
Nitrogênio (mg. L ⁻¹)	1688,8	1158,9	369,7

Sendo: DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; DQO: Demanda Química de Oxigênio.

Fonte: Trindade et al. (2014)

O valor médio de fósforo total diminuiu de 63 mg. L⁻¹ do efluente bruto (L1) para 22 mg. L⁻¹ na lagoa de maturação (L3), remoção de 64,5%. Esse processo ocorre, principalmente, pela remoção físico-química através da precipitação de fósforo, majoritariamente, na forma de fosfato de cálcio, em decorrência da alta concentração de íons cálcio no efluente (STEINMETZ, 2007).

Já para a DBO e DQO, houve redução destes parâmetros de L3 em relação a L1 da ordem de 96,4 e 87,1%, respectivamente. Maior valor de eficiência de remoção de DQO foi encontrado por Vivam et al. (2010), no qual obteve uma eficiência de 98,3%. Neste estudo, os autores avaliaram o efeito do uso de associativo de biodigestor com o sistema de lagos, o que deve ter ocasionado maior remoção de cargas orgânicas, devido à alta biodegradabilidade da matriz por meio de maior tempo de exposição do material a processos anaeróbicos (BITTON, 2005).

6. Considerações finais (conclusões e perspectivas)

Devido à necessidade cada vez maior de preservação do meio ambiente e à necessidade de tratamento e destinação adequada dos efluentes, inúmeras tecnologias foram criadas com o objetivo de diminuir o descarte abusivo de efluentes no meio ambiente. Cada uma das tecnologias possui vantagens e desvantagens, cujo uso numa propriedade irá depender de sua aplicabilidade àquele sistema de produção e de sua eficiência de tratamento.

Os trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores do IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba tem contribuído para o desenvolvimento local e regional, promovendo a caracterização das águas residuárias geradas nas atividades agropecuárias, contribuindo, assim, para diminuição dos impactos de sua utilização, no planejamento de sua destinação final, na redução de custos de produção e no desenvolvimento sustentável dentro das pequenas e médias propriedades. O estudo feito em parceria com a Granja Suinícola Duda é um exemplo dessa proposta. Nesse estudo, o sistema de tratamento composto de

lagoas de estabilização mostrou-se eficiente para estabilização do efluente de uma estação de tratamento de dejetos suíno, principalmente, para o abatimento de matéria orgânica, nutrientes e sólidos.

Referências

ALMEIDA NETO, O. B. DE; CIDRINI, I. A.; HOMEM, B. G. C.; FERREIRA, I. M.; ABREU, M. J. I. Uso das águas residuárias de criatórios de animais na agropecuária. In: André Narvaes da Rocha Campos et al. (Org.). **Ciência e Tecnologia no Campus Rio Pomba do IF Sudeste MG**: Contribuições para a Zona da Mata Mineira. Rio Pomba: IF Sudeste MG, Campus Rio Pomba, 2016, p. 49-64.

ANUALPEC. **Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: FNP, 2015.

ARAÚJO, I. S.; OLIVEIRA, J. L. R.; ALVES, R. G. C. M.; FILHO, P. B.; COSTA, R. H. R. Avaliação de sistema de tratamento de dejetos suínos instalado no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.745–753, 2012.

BAIÃO, L. F.; ALMEIDA NETO, O. B.; TRINDADE, A. G.; HOMEM, B. G. C.; CIDRINI, I. A.; MARTINS, L. P.; LIMA, F. A. S.; COSTA, I. C. Avaliação da redução de sólidos suspensos e nitrogênio no tratamento de efluentes de suínos em lagoas de estabilização. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIA, INOVAÇÃO & TECNOLOGIA – Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Social, 7,. Rio Pomba. **Anais...** Rio Pomba: IF Sudeste MG, 2014. CD-ROM.

BATISTA, R. O.; BATISTA, R. O.; FIA, R.; DOMINGUES, R. R. **Manejo de águas residuárias da bovinocultura de leite para uso em cultivo de plantas**. Lavras: UFLA, 29p., 2014. (Boletim Técnico, 100)

BEGHIN, J.; METCALFE, M. **Environmental regulation and competitiveness in the hog industry an international perspective**. Iowa: ISU, 1998. 53p.

BELLI FILHO, P.; CASTILHOS Jr., A. B. de; COSTA, R. H. R. da; SOARES, S. R.; PERDOMO, C. C. Tecnologias para tratamento de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 166-170, 2001.

BITTON, G. **Wastewater microbiology**. 3.ed., New York: Willey Liss Inc., 2005. 763p.
BORTOLLI M.A. **Influência de períodos de pastejo em trigo duplo propósito sobre a decomposição e liberação de nutrientes da palhada em sistema de integração lavoura-pecuária**. 2010. 81f. Dissertação (Mestrado de Agronomia) -Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006**. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=17214>>. Acesso em: 2 mar. 2017.

CARMO JUNIOR., G.N.R. **Aplicabilidade do reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) para o tratamento de resíduos líquidos de suinocultura**. 1998. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

COMMISSION DECISION. Concerning a request for derogation under point 2(b) of Annex III to and Article 9 of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. **Official Journal of the European Union**, Brussels, n.94, p.34-36, 2005a.

COMMISSION DECISION. Granting a derogation requested by Austria pursuant to Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. **Official Journal of the European Union**, Brussels, n.66, p.44-46, 2006.

COMMISSION DECISION. Granting a derogation requested by the Netherlands pursuant to Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. **Official Journal of the European Union**, Brussels, n.324, p.89-93, 2005b.

CONDÉ, M. S.; ALMEIDA NETO, O. B. DE; HOMEM, B. G. C.; FERREIRA, I. M.; SILVA, M. D. Impact of fertirrigation with swine wastewater in an oxisol. **Vértices**, v. 15, p. 161-178, 2013.

CONDÉ, M. S.; HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B. DE.; SANTIAGO, A. M. F. Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 02, p. 99-106, 2012.

COSTA, Laura Vanessa Cabral. Produção de biogás utilizando cama de frango diluída em água e em biofertilizante de dejetos de suínos. 2012. 90f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu.

DIESEL, R.; MIRANDA, C.R.; PERDOMO, C.C. Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos. **Boletim informativo de pesquisa e extensão BIPERS**, v.10, n. 14, p. 4-28, 2002.

DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A. Tratamento de águas residuárias de suinocultura em reator UASB e filtro anaeróbio em série seguidos de filtro biológico percolador. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 16, p.91-100, 2011.

ESTRADA, V. E. E.; HERNANDEZ, D. E. A. Treatment of piggery wastes in waste stabilization ponds. **Water Science and Technology**, v.45, n.1, p.55-60, 2002.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA – FATMA. **Instrução Normativa 11 de 13 de dezembro de 2004**. Disponível em: <<http://www.fatma.sc.gov.br>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

GEBLER, Luciano; PALHARES, Júlio Cesar Pascale. **Gestão Ambiental na Agropecuária**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

GOSMANN, H.A. **Estudos comparativos com bioesterqueiras e esterqueiras para armazenamento e valorização dos dejetos de suínos**. 1997. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

HADDAD, C. M. Noções sobre confinamento de bovinos de corte. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM CONFINAMENTO DE BOVINOS DE CORTE, FEALQ, Piracicaba, 1995.

HARDOIM, P. C., GONCALVES, A. D. M. A. Avaliação do potencial do emprego do biogás nos equipamentos utilizados em sistemas de produção de leite. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., Campinas, 2000. **Anais...** Disponível em:<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022000000100053&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 de janeiro de 2017.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B. DE.; SANTIAGO, A. M. F.; SOUZA, G. H. Dispersão da argila provocada pela fertirrigação com águas residuárias de criatórios de animais. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 02, p. 89-98, 2012.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; CONDE, M. S.; SILVA, M. D.; FERREIRA, I. M. Efeito do uso prolongado de água residuária da suinocultura sobre as propriedades químicas e físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Científica**, Jaboticabal, v. 42, p. 299-309, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2014v42n3p299-309>>

HOMEM, B. G. C.; TAVARES, V. B. ; ALMEIDA NETO, O. B. DE. ; CONDE, M. S. ; FERREIRA, I. M. ; SILVA, M. D. ; LARA, M. A. S. Using swine farming wastewater for Signal grass cultivation. **Semina: Ciências Agrárias** , v. 37, p. 2539, 2016. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n4Supl1p2539>>.

JONGBLOED, A. W.; POULSEN, H. D.; DOURMAD, J. Y.; van der PEETSCHWERING, C.M.C. Environmental and ledislative of pig production in The Netherlands, France and Denmark. **Livestock Poduction Science**, v. 58, n. 3, p. 243- 249, 1999.

JONGBLOED, A.W.; LENIS, N.P. Environmental concerns about animal manure. **Journal of animal science**, v. 76, p. 2641-2648, 1998.

KIM W.; SHIN S. G.; CHO, K.; LEE, C.; HWANG, S. Performance of methanogenic reactors in temperature phased two-stage anaerobic digestion of swine wastewater. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **Osaka**, v.114, n.6, p.635- 639, 2012.

KONZEN, E. A. **Aproveitamento de dejetos líquidos de suínos para fertirrigação e fertilização em grandes culturas**. Sete Lagoas: Embrapa – CNPMS, 2003. 11p. (Circular técnica, 32).

KONZEN, E. A. **Dejetos de suínos fermentados em biodigestores e seu impacto ambiental como insumo agrícola**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 4 p. (Comunicado técnico, 124).

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M; OLIVEIRA, P. A. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, set./dez. 2005.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, p. 5485-5489, 2009.

LAMO, P; DIAS, N. **Reatores anaeróbicos de leito expandido para o tratamento de efluentes das indústrias de bebidas**, 2000. DEDINE Industrias de Base. Campinas. Disponível em: <<http://www.ceset.unicamp.br/~ajrossini/ST%20572/Artigo%20T%E9cnico.pdf%3E>>. Acesso em: 22 jan. de 2017.

LEE, M.; HIDAKA, T.; HAGIWARA, W.; TSUNO, H. Comparative performance and microbial diversity of hyperthermophilic and thermophilic co-digestion of kitchen garbage and excess sludge. *Bioresource Technology*. **Essex**, v.100, p. 578-585, 2009.

LIMA, L. C. T. ; ALMEIDA NETO, O. B. ; SOUZA, W. L. ; CIDRINI, I. A. ; NOGUEIRA, C. H. ; Abreu, M. J. I. de ; CASTRO, M. D. A. ; NASCIMENTO, D. C. . Acúmulo de matéria seca da forrageira *Brachiaria Brizantha* CV. Marandu, fertirrigada com diferentes doses de esterco líquido de bovinos. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DO IF SUDESTE MG - SIMEPE, 3., 2016, Rio Pombo. **Anais...** Rio Pombo: IF Sudeste MG, 2016. No prelo.

LOEHR, R. C. **Agricultural waste management**: problems, processes and approaches. New York: Academic Press, 1974, 576p.

MATO GROSSO DO SUL. Conselho Estadual de Controle Ambiental. **Deliberação Normativa nº 003, de 20 de junho de 1997**. Dispõe sobre a preservação e utilização das águas das bacias hidrográficas do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 1997. Disponível em: <http://www.ms.sebrae.com.br/uploads/Estudos%20agronegocios/Fruticultura_Corumba/CRV%20-%203%20-Deliberacao%20CECA%203-97rechidricos%20ms.doc>. Acesso em: 3 mar. 2017.

MATOS, A.T. de. **Manejo e tratamento de resíduos agroindustriais**. Viçosa, MG: AEAGRI, 2007. 121p. (Caderno Didático, 31).

MATOS, A.T. Tratamento de resíduos na pós-colheita do café. In: Flávio Meira Borém (Org.). **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora UFLA, 2008. p.159-201.

MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. 1997. 206 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Deliberação Normativa Conjunta nº 1, de 05 de maio de 2008**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>>. Acesso em: 3 mar. 2017.

NUNES, M. L. A. **Avaliação de procedimentos operacionais na compostagem de dejetos de suínos**. 2003. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

OLIVEIRA, P. A. V. O.; NUNES, M. L. A.; ARRIADA, A. A. Compostagem e utilização de cama na suinocultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS E TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 2001, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 391-406.

OLIVEIRA, P. A. V. O.; ROBIN, P.; DOURMAD, J. Y. Sistema de produção de suínos sobre cama de maravalha comparado ao piso ripado. In: CONGRESSO MERCOSUL DE PRODUÇÃO SUINA, 2000, Buenos Aires, Argentina, **Anais...** Buenos Aires: [s.n.], 2000.
OLIVEIRA, P. A. V.; MORES, N.; AMARAL, A. L. do; NUNES, M. L. A. Cama sobreposta: perguntas e respostas. **Revista Porkworld**, Paulínia, n. 8, p. 110-116. set./out. 2002.

OLIVEIRA, P. H. ; ALMEIDA NETO, O. B. ; Silva, M. D. ; CIDRINI, I. A. ; SOUZA, W. L.; Abreu, M. J. I. de ; Ferreira, I. M. ; Homem, B. G. C. . Determinação do Sódio e Índice de Saturação de Sódio do Latossolo Vermelho Amarelo-Distrófico sob fertirrigação com esterco

líquido bovino. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DO IF SUDESTE MG - SIMEPE, 3., 2016, Rio Pomba. **Anais...** Rio Pomba: IF Sudeste MG, 2016. No prelo.

PALHARES, J. C. P., MASSOTI, Z.; SOUZA, L. D. Biodigestor modelo indiano: Análise da transferência da tecnologia com base no perfil ambiental, produtivo e social. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, Concórdia, n. 3, p. 1-24, 2003.

PALHARES, J.C.P. Legislação ambiental e produção de suínos: as experiências internacionais. **Fepam em Revista**, Porto Alegre, v.3, p.19- 27, 2009.

PERDOMO, C. C. **Alternativas para o manejo e tratamento de dejetos suínos. Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, n. 152, p. 16-26, jun./jul. 2001.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. O.; KUNZ, A. **Sistema de tratamento de dejetos de suínos**: inventário tecnológico. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83 p. (Documentos, 85).

PILLON, C.N. ET AL. **Diagnóstico das propriedades suinícolas da área de abrangência do consórcio Lambari/SC**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, n. 86, 33 p., 2003.

RACHED, R.Z. **Caracterização de pequenas criações de suínos no estado de São Paulo**. 2009. 149f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental) – Instituto Biológico, São Paulo.

RIO GRANDE DO SUL. **Portaria nº 05, de 16 de março de 1989**. Dispõe sobre critérios e padrões de efluentes líquidos a serem observados por todas as fontes poluidoras que lancem seus efluentes nos corpos d'água interiores do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1989. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/leg0000000019.doc>>. Acesso em: 3 mar. 2017.

RODRIGUES, L. S.; SILVA, I. J.; ZOCCATO, M. C. O.; PAPA, D. N.; SPERLING, M. V.; OLIVEIRA, P. R. Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.94-100, 2010.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 14.250, de 5 de junho de 1981**. Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à proteção e a melhoria da qualidade ambiental. Florianópolis, 1981. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br/pesquisa/docs/legislacao_estadual/decreto_14250.doc>. Acesso em: 3 mar. 2017.

SILVA, C. M.; FRANÇA, M. T.; OYAMADA, G. C. Características da suinocultura e os dejetos causados ao ambiente. **Connection line**, n. 12, p. 44-59, 2015.

SILVA, M. D. ; ALMEIDA NETO, O. B. ; CIDRINI, I. A. ; OLIVEIRA, P. H. ; Abreu, M. J. I. de ; SOUZA, W. L. ; CASTRO, M. D. A. ; BRANDAO, J. E. R. . Determinação do pH e da acidez potencial de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob fertirrigação com esterco líquido bovino. In: SIMPÓSIO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO DO IF SUDESTE MG – SIMEPE, 3., 2016, Rio Pomba. **Anais...**Rio Pomba: IF Sudeste MG, 2016.

SOUSA, F. A.; CAMPOS, A. T.; SILVA, E.B.; GANDINI, A. M. M.; CORRÊA, J. M. Redução do potencial poluidor de dejetos de suínos em lagoas de estabilização em série. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 65-73, jan./fev. 2014.

SOUZA, W. L. ; ALMEIDA NETO, O. B. ; CIDRINI, I. A. ; LIMA, L. C. T. ; Abreu, M. J. I. de ; CASTRO, M. D. A. ; NASCIMENTO, D. C. ; Silva, M. D. . Avaliação do teor de proteína bruta da forrageira brachiaria brizantha cv. Marandu, fertirrigadas com diferentes doses de esterco líquido de bovinos. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DO IF SUDESTE MG - SIMEPE, 3., 2016, Rio Pomba. **Anais...** Rio Pomba: IF Sudeste MG, 2016. No prelo.

STEINMETZ, R. L. R. **Aplicação de polieletrólitos para a separação de metais em efluentes da suinocultura**. 2007. 55f Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEN, D. H. **Wastewater engineering: Treatment: treatment and reuse**. New York: McGraw Hill, 2003. 1771p.

TRINDADE, A. G.; ALMEIDA NETO, O. B.; CIDRINI, I. A.; BAIÃO, L. F.; HOMEM, B. G.; MARTINS, L. P. Eficiência no tratamento do dejetos líquido de suínos em lagoas facultativas por processo anaeróbico no município de Rio Pomba, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL & CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL, 7-4., 2015, Viçosa. **Anais...**Viçosa: UFV, 2015. CD-ROM.

TRINDADE, A. G.; ALMEIDA NETO, O. B.; HOMEM, B. G. C.; CIDRINI, I. A.; MARTINS, L. P.; TEIXEIRA, R. H.; COSTA, I. C.; NOGUEIRA, M. A. R. Eficiência do tratamento de dejetos líquido de suínos em lagoas facultativas por meio de processos anaeróbios. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIA, INOVAÇÃO & TECNOLOGIA – Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Social, 7., Rio Pomba. **Anais...** Rio Pomba, IF Sudeste MG , 2014. CD-ROM.
URBINATI, E.; DUDA, R. M.; OLIVEIRA, R. A.. Performance of UASB reactors in two stages under different hrt and olr treating residual waters of swine farming. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.33, n.2, p.367-378, mar./abr. 2013.

VEIGA, S. N. da. **Desenvolvimento de um protótipo de um separador de sólidos de dejetos animais, destinado a pequena propriedade rural**. 1999. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.

VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V.H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de

suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.320–325, 2010.

ZANOTELLI, C. T.; MEDRI, W.; BELLI FILHO, P.; PERDOMO, C. C.; MULINARI, M. R.; COSTA, R. H. R. Performance of a baffled facultative pond treating piggery wastes. **Water Science and Technology**, v.45, n.1, p.49-53, 2002.

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DA EVASÃO, DO DESEMPENHO ACADÊMICO E DO PERFIL DOS ESTUDANTES QUE INGRESSARAM POR MEIO DO PROCESSO SELETIVO TRADICIONAL E DO SISTEMA DE SELEÇÃO UNIFICADO (SISU) NOS CURSOS SUPERIORES NOTURNO DO IF SUDESTE MG – CAMPUS RIO POMBA

Isabella Araújo Campos
Ivy Silva Costa

1. Introdução

Desde o ano de 1911, quando se criou o Processo Seletivo Tradicional (Vestibular), primeiro Exame de Admissão ao ensino superior no Brasil, as formas de acesso a esse nível de ensino têm sido tema de diversas discussões no meio acadêmico e político. O Processo Seletivo Tradicional, método que perdurou anos, valorizava apenas a simples memorização.

Em 1998 foi instituído o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), como uma forma de avaliar o nível de aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio. Esse processo foi amadurecido até que, em 2009, uma reformulação instituiu o Novo ENEM como uma tentativa de unificar o acesso ao ensino superior através de suas competências e habilidades, buscando estimular a compreensão e a relação da prática com os conhecimentos adquiridos em salas de aula.

Buscando alcançar maior equidade social e inibir as desigualdades socioeconômicas por meio de políticas públicas de educação, implementou-se no Brasil, também no ano de 2009, o Sistema de Seleção Unificada (SiSU). Este corresponde a um sistema *online* que seleciona estudantes para as vagas dos cursos superiores disponibilizadas pelas instituições públicas que dele participarem (BRASIL, 2012). O SiSU foi inserido, total ou parcialmente, no primeiro semestre de 2010 nas instituições públicas de ensino superior brasileiro utilizando as notas do Novo ENEM. Assim, minimizou-se o papel do Processo Seletivo Tradicional, que era o que perdurava até então.

Ressalta-se que o foco das políticas públicas de educação tem sido voltado para o ensino superior, principalmente, para a democratização do acesso a esse nível de ensino. No entanto, não há uma preocupação com a permanência desses estudantes nos cursos nos quais ingressaram, o que aumenta a evasão, que é um problema recorrente das instituições de ensino superior.

Segundo Albuquerque (2008), o insucesso acadêmico, as desistências e a aparente desmotivação de muitos estudantes são resultados do primeiro ano do ensino

superior e, em decorrência disso, caracteriza-se o mesmo como sendo o mais problemático para os discentes e docentes.

A presente pesquisa teve como objeto de estudo a política de acesso ao ensino superior nas instituições públicas denominada SiSU. Enfatiza-se que esse tema é bastante recente e fundamental para o desenvolvimento educacional do país. Para Backes (2015) a importância do tema reside tanto na discussão do SiSU como um sistema democratizador de acesso ao ensino superior quanto à eficiência da gestão do sistema.

Com base no exposto, esta pesquisa buscará responder as seguintes questões: qual o perfil dos estudantes ingressantes pelo Sistema de Seleção Unificada (SiSU) e pelo Processo Seletivo Tradicional nos cursos superiores noturno do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba? Estes estudantes, considerando as duas formas de acesso, apresentaram índice de evasão e desempenho acadêmico semelhante no primeiro ano de seus respectivos cursos?

Este capítulo está estruturado em mais cinco seções, além desta introdutória. A segunda apresenta a revisão bibliográfica, na terceira seção, tem-se a descrição dos procedimentos metodológicos, na quarta, são discutidos os resultados encontrados, a quinta abrange as considerações finais e, por último, na sexta seção, apresentam-se as referências bibliográficas.

2. Revisão bibliográfica

2.1 O ENEM e o SiSU

Desde 1911, a única forma de selecionar estudantes para o ensino superior era através do Processo Seletivo Tradicional (PST). Essa forma perdurou durante anos no Brasil, ocorrendo no âmbito de cada instituição e de forma restrita a anúncios de listas de, no máximo, um curso. O PST valorizava o conteúdo e favorecia a competência da simples memorização. Ressalta-se que essa forma de seleção não estimulava uma compreensão mais verticalizada dos conteúdos, não fazia relação dos conhecimentos com a vida prática e nem desenvolvia o raciocínio crítico (ABREU, 2013; GONTIJO, 2008).

Diversas foram as críticas em torno do Processo Seletivo Tradicional até que a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996 (LDB - Lei nº 9.394) foi instituído o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). O ENEM foi efetivado no ano de 1998 e tinha como objetivo avaliar a qualidade e o desempenho dos estudantes do ensino médio (CARVALHO, 2012; BACKES, 2015).

No início, o ENEM era facultativo e podia ser realizado pelos estudantes que estivessem concluindo ou que já tivessem concluído o ensino médio. Castro (1999) ressaltou que a criação do ENEM motivou as escolas a desenvolverem em seus alunos habilidades que os permitiriam mostrar serem capazes de assimilar dados e transformá-los

em informações para utilizarem dentro de um contexto social e no auxílio de tomada de decisões.

A primeira alteração no ENEM ocorreu em 2001, quando o governo isentou o pagamento da taxa de inscrição dos concluintes do Ensino Médio de escolas públicas, visando democratizar o acesso de todos ao Exame. No ano de 2003 foi incluído o questionário socioeconômico para os inscritos no ENEM, como forma de ajudar na compreensão de seus desempenhos. Em 2005 iniciou-se a divulgação das notas médias das escolas, além das notas individuais dos estudantes de cada escola que já eram divulgadas, com o propósito de avaliar o desempenho das instituições (SAMPAIO, 2012).

No ano de 2005 o ENEM passou a ser utilizado como forma de selecionar estudantes para obtenção de bolsas em programas do Governo Federal, como o Programa Universidade para Todos (ProUni) nas instituições particulares.

No ano de 2009 a proposta da nova versão do ENEM foi encaminhada à Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (ANDIFES) pelo Ministério da Educação (MEC), trazendo em seu cerne a unificação do processo seletivo por meio da aderência das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) ao Novo ENEM. A argumentação utilizada foi a de que, apesar do Processo Seletivo Tradicional conseguir conduzir o processo de seleção com base na qualidade, aquele cria dificuldades de acesso aos candidatos que não podem se deslocar até cada instituição que deseja concorrer devido a questões econômico-financeiras. Esta falta de mobilidade poderia ocasionar dois problemas: a limitação da concorrência e do contingente seletivo nas instituições periféricas (BACKES, 2015).

A principal diferença do novo ENEM em relação ao antigo modelo é que, até então, a prova era composta por 63 (sessenta e três) itens interdisciplinares, sem ligação direta com os conteúdos ministrados no ensino médio e sem a possibilidade de comparação das notas dos alunos de um ano para outro. O novo ENEM permitiu a comparação de desempenho dos candidatos em um período de tempo, possibilitando assim, a organização de dados históricos de grande valor educacional. O novo exame passou a ser composto por perguntas objetivas, as quais são divididas em quatro áreas do conhecimento: linguagens, códigos e suas tecnologias; ciências humanas e suas tecnologias; ciências da natureza e suas tecnologias; e matemática e suas tecnologias. Cada área é composta por 45 (quarenta e cinco) questões de múltipla escolha, sendo que no primeiro dia de prova são realizadas as questões de duas áreas do conhecimento e no segundo dia as outras duas áreas restantes mais a redação (ANDRIOLA, 2011).

Também no ano de 2009, o ENEM passou a ser utilizado para certificar a conclusão do ensino médio na Educação de Jovens e Adultos (EJA) e para a seleção de

estudantes do Sistema de Seleção Unificada (SiSU). O SiSU foi criado pelo MEC e teve como objetivo o ingresso de estudantes, no primeiro semestre de 2010, em cursos superiores das instituições públicas federais por meio das notas do ENEM (HORTA *et. al.*, 2013). Ou seja, o ENEM passou a ser usado como processo seletivo para a inserção de estudantes em instituições públicas e privadas, substituindo o Processo Seletivo Tradicional em várias delas (BACKES, 2015).

De acordo com o MEC, o ENEM continua com sua característica de analisar o desempenho de alunos no ensino básico, porém exalta o objetivo de torná-lo o método nacional de seleção para o ingresso no ensino superior (BRASIL, 2009).

Ressalta-se que o SiSU é uma política pública de acesso ao ensino superior, que tem como finalidade aumentar o potencial inclusivo das instituições através do meio eletrônico, por isso a facilidade em gerenciar o processo seletivo das instituições que aderirem ao Novo ENEM (SANTOS, 2011).

Pode-se afirmar que o SiSU é um sistema que amplia as oportunidades dos estudantes a candidatar-se às vagas oferecidas em todo o território nacional, permitindo maior mobilidade acadêmica. Isto porque os possíveis discentes utilizam-se da prova do ENEM, feita em qualquer localidade do país, e do processo de inscrição que é totalmente *on line*, o que evidencia a intenção de democratizar e equalizar o processo seletivo (ROSA, 2013).

O SiSU funciona da seguinte forma: os alunos se cadastram na plataforma, vinculam sua nota do ENEM e definem duas opções de curso em duas instituições distintas, de acordo com sua preferência. O sistema, por sua vez, gera um *ranking* diário com a posição de todos os alunos em cada curso e as respectivas notas de corte. Aqueles que ficaram abaixo da nota de corte podem refazer a seleção. O *ranking* e as notas de corte podem variar diariamente. Todo este processo ocorre dentro de um intervalo de cinco dias. Os alunos acima da nota de corte devem se preparar para o processo de matrícula, que é definido por cada instituição de ensino superior (ITABORAI, 2013).

Após o processo de matrícula, as vagas que não foram preenchidas são ofertadas novamente pelo sistema. Nesta etapa, alunos que não foram aceitos na primeira chamada podem tentar mais uma vez e alunos que foram selecionados para a segunda opção também entram na lista de espera da sua primeira opção.

Nota-se que o SiSU é um mecanismo muito mais abrangente do que o Processo Seletivo Tradicional. Porém, novos problemas vêm surgindo, como congestão do sistema em um cenário de muita insegurança, já que um grande número de universidades federais adota o SiSU como o único mecanismo de ingresso e o último dia é decisivo. Por isso, a

provável congestão do último dia pode levar à sobrecarga dos servidores e fazer com que algumas inscrições não sejam realizadas (ITABORAI, 2013).

É a partir dos dados dos candidatos e das informações prestadas por cada instituição participante que o sistema processa os resultados com as devidas notas e as classificações por curso. Além disso, permite que a instituição preserve suas políticas de selecionar os estudantes, haja vista que ela tem autonomia para utilizar bônus diferenciado para os candidatos e pesos para as provas (SANTOS, 2011). Conforme afirma Itaborai (2013, p.33), “cada universidade pode adotar um peso diferente em cada matéria da prova para cada curso e turno disponível”.

De acordo com Backes (2015) uma vantagem do SiSU é a mobilidade entre instituições e entre cursos que o mesmo oferece. Porém, essa mobilidade pode acarretar alguns problemas, pois muitos candidatos são selecionados e se matriculam em cursos que não figuram como a sua primeira opção. Ao serem convocados para a primeira preferência de curso em chamadas posteriores, solicitam a troca, prejudicando o andamento regular do semestre, gerando transtornos administrativos e pedagógicos, e comprometendo a entrada de novos alunos.

Rosa (2013, p.180) ressalta que “nesse processo de democratização do acesso, não estão garantidas as medidas de permanência, o que leva, em muitos casos, os alunos provenientes de regiões distantes evadirem-se ou migrarem de universidade”. Assim, pode-se afirmar que um dos problemas que comprometem o ensino em geral é o alto nível de evasão nas instituições. “A evasão universitária vem se impondo, ao longo do tempo, como uma realidade cada vez mais ostensiva no âmbito do ensino de graduação” (CUNHA; TUNES; SILVA, 2001, p. 262).

Backes (2015) faz uma reflexão importante ao indagar se o SiSU, ao mesmo tempo que promove o acesso facilitado e democrático, pode interferir no bom andamento dos cursos, uma vez que a movimentação dos estudantes se prolonga por mais tempo.

2.2 Evasão

A evasão é considerada um dos maiores problemas em todos os níveis de ensino, seja ele público ou privado. O abandono dos estudos pelo aluno representa uma perda social de tempo e de recursos de todos os envolvidos com o processo de ensino, professores, instituição de ensino, sistema de educação e todo o país. Além disso, haverá um menor número de pessoas com formação completa (LOBO, 2012).

O prejuízo com a saída do aluno do curso é certo: perde o aluno ao não se diplomar, perde o professor que não se realiza como educador, a universidade, a família e a sociedade. Perde também o País, que olha para o futuro e espera [...] (CUNHA; TUNES; SILVA, 2001, p. 279).

Para Lobo (2012), há três tipos comuns de evasão, a saber: a evasão do curso, a evasão da instituição de ensino e a evasão do sistema. A evasão do curso ocorre quando o aluno abandona um curso porque desiste dos estudos ou muda para outro curso superior. A evasão da instituição de ensino ocorre quando o aluno deixa a instituição, mas não deixa o sistema de ensino superior, ou seja, muda apenas de Instituição de Ensino Superior (IES). Tem-se a evasão do sistema quando o aluno deixa de estudar e abandona todo o sistema de ensino.

Percebe-se que a evasão tem diversas razões, pois depende do contexto social, cultural, político e econômico no qual a instituição e o indivíduo estão inseridos. A evasão também pode estar relacionada, por exemplo, à má qualidade do ensino ofertado pelas IES, ocasionando a perda do estudante. Para que isso não ocorra é preciso desenvolver uma reflexão sobre a relação entre instituição e evasão, a fim de se ter propostas e projetos de combate ao abandono escolar do estudante (BAGGI; LOPES, 2011).

Segundo Sampaio et. al. (2011), a evasão escolar pode proceder da falta de interesse e da impossibilidade de continuar os estudos. A falta de interesse pode se originar da deficiência de conhecimento da área; da ausência de perspectiva sobre os ganhos advindos com a obtenção do diploma; da falta de percepção ou orientação dos pais; e da falta de uma renda favorável que facilite o prolongamento da vida escolar e a busca de uma área de maior interesse. Já a impossibilidade de continuar os estudos pode decorrer de seguidas reprovações; da baixa renda, acelerando o ingresso no mercado de trabalho; da idade, que tanto situa o aluno fora da faixa etária normal, como reforça a atração do mercado de trabalho; do estado civil, pois se espera que os casados sejam mais tendenciosos pelo mercado de trabalho; e do gênero, pois a cobrança pela geração de renda é maior para os homens.

Silva Filho et. al. (2007) mencionaram que o que se verifica é que as expectativas do aluno em relação à sua formação e à sua própria integração com a instituição constituem, na maioria das vezes, os principais fatores que desestimulam o estudante a investir tempo e dinheiro na conclusão do curso. Ou seja, ele não mais acredita na relação custo benefício em obter seu diploma.

A permanência do aluno na IES também depende do suporte pedagógico disponibilizado pela instituição. A implementação e o acompanhamento de políticas públicas educacionais, tendo por base a igualdade de oportunidades de acesso, é uma condição necessária, mas não é a única para que ocorra a efetiva democratização e permanência do aluno (BAGGI; LOPES, 2011).

Albuquerque (2008) ressalta que o primeiro ano do curso é o mais problemático para muitos estudantes e professores das Instituições de ensino superior, pois constatou-se que o abandono ou a desistência é mais frequente e, provavelmente, mais voluntário nos primeiros meses posteriores ao ingresso. Para Coulon (2008) alguns estudantes abandonam até mesmo nos primeiros quinze dias de curso, pois alguns se matriculam e mudam de opinião ou conseguem inscrever-se em outra instituição. Esse difícil período posterior ao início das aulas se torna ameaçador, pois é necessário, simultaneamente, compreender o que se precisa fazer e em qual ordem.

Corroborando esta mesma linha de raciocínio, Silva Filho et al. (2007) argumentaram que a taxa de evasão no primeiro ano dos cursos superiores é de duas a três vezes maior que a dos anos posteriores.

2.3 Cursos superiores noturno

A abertura dos cursos superiores noturnos ocorreu no ano de 1960, segunda metade do século XX, proporcionando aos estudantes trabalhadores e trabalhadores estudantes frequentar esse nível de ensino. Essa conquista foi calcada de forma gradativa, a partir de pressões populares que exigiam o direito à educação. Embora os cursos superiores noturnos datem dos anos de 1960, só houve um maior número de cursos noturnos em 1996, com o advento da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), quando regulamentou-se a oferta do ensino noturno nas instituições públicas de ensino superior (MARANHÃO, 2015).

O ensino noturno pode ser considerado uma estratégia de inclusão ao nível superior, ao mesmo tempo em que atende às necessidades do desenvolvimento econômico e contribui para a democratização do acesso, pois oferece a possibilidade de estudar à noite aqueles que não podem fazê-lo no período diurno (NANTES, 2010).

Para Terribili Filho e Nery (2009), o ensino superior noturno é consequência da situação econômica vivenciada pelo país nos últimos anos, pois ele facilita que o estudante exerça atividade profissional remunerada (não necessariamente na sua área de interesse) durante o período do curso, de forma a ajudar sua família e a financiar seus estudos.

Nantes (2010) ainda ressalta que o ensino noturno pode até duplicar o número de vagas nas Instituições de Ensino Superior (IES), utilizando da mesma infraestrutura do turno diurno. O ensino noturno democratiza e vem em concordância com as exigências de formação profissional para a etapa em que o capitalismo se encontra, pois forma profissional nas áreas que esse sistema de produção necessita (NANTES, 2010).

De acordo com Cavalcante (2008), há uma presença massiva de estudantes que trabalham e frequentam os cursos noturnos nas instituições de ensino do país. Entretanto,

sabe-se que a presença de trabalhadores não é exclusiva do período noturno, pois, nos últimos anos, o Brasil passou por transformações sociais e econômicas que acarretaram mudanças no mercado de trabalho e no perfil profissional. Tais trabalhadores passaram a contar com opções mais flexíveis para exercer suas funções, como por exemplo, horário de trabalho noturno, ficando o turno diurno para descanso e estudo. Porém, isso ainda se concentra nas capitais e grandes centros, ficando para o interior o antigo e tradicional modelo de trabalho.

Conforme Terribili Filho (2007) o estudante do ensino superior noturno, mesmo que já inserido no mercado de trabalho, busca, sobretudo na graduação, a formação profissional, a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de novas habilidades para facilitar sua competitividade no mercado de trabalho após a conclusão do curso. Para o autor, a graduação possibilita ao estudante um nível mais elevado no mercado de trabalho, capaz de proporcionar uma melhor condição de vida, seja pela mudança da sua condição socioeconômica ou pela manutenção da condição atual.

Andrade e Sposito (1986, p. 11) acreditam que “a possibilidade de ascensão no mercado ocupacional é concebida pelo aluno a partir de dois elementos importantes: o prolongamento da escolarização e o treinamento no próprio trabalho”.

A partir do exposto, ressalta-se a importância de se preocupar com a qualidade dos cursos ofertados no período noturno. Por isso, a LDB de 1996, em seu artigo 47, prevê que a qualidade do ensino superior noturno seja a mesma do diurno, sendo obrigatória a oferta noturna nas instituições públicas.

Para Maranhão (2015) o ensino superior noturno e sua população estudantil se revelam com muita disparidade, dentre elas as histórias de vida, a posição na classe social, as experiências laborais, os objetivos pretendidos com a formação acadêmica e a visão de sociedade e de mundo.

3. Material e métodos

3.1 Unidades de análise

As unidades de análise desta pesquisa foram os estudantes dos cursos superiores noturno do IF Sudeste MG, *Campus* Rio Pomba, Bacharelado em Administração e Licenciatura em Matemática, que ingressaram por meio SiSU e do Processo Seletivo Tradicional no período de 2010 a 2015.

Definiu-se o ano de 2010 como sendo o inicial da análise dos dados porque esse foi o primeiro ano em que as vagas dos cursos de graduação foram ofertadas por meio do Processo Seletivo Tradicional e do SiSU na Instituição. O ano de 2015 foi considerado como o limite desta pesquisa devido à disponibilidade dos dados até o término da mesma.

Ressalta-se que o IF Sudeste MG, *Campus* Rio Pomba, foi escolhido como objeto de estudo porque a referida Instituição oferece os seus cursos de graduação pelo Processo Seletivo do IF Sudeste MG, o qual se assemelha ao antigo Vestibular, e pelo Sistema de Seleção Unificado (SiSU). Ressalta-se que 50% das vagas de cada curso de graduação é destinada ao Processo Seletivo e as 50% restantes destinam-se ao SiSU.

3.2 Coleta de dados

A pesquisa utilizou-se de dados secundários, os quais foram coletados por meio dos documentos dos estudantes armazenados na Coordenação Geral de Assuntos e Registros Acadêmicos (CGARA) do *Campus* Rio Pomba e dos históricos disponibilizados no Sistema de Administração Acadêmica (SAAC).

Para a análise do perfil dos estudantes, utilizou-se dos documentos dos estudantes armazenados na Coordenação Geral de Assuntos e Registros Acadêmicos (CGARA) do *Campus* Rio Pomba. Ao coletar os dados, desconsiderou-se o ano de 2010, devido ao fato de o formulário de matrícula ter sido alterado em relação às informações solicitadas aos estudantes dos anos subsequentes. Assim, trabalhou-se com as variáveis de perfil constantes entre os anos de 2011 e 2015. As variáveis analisadas foram sexo, faixa etária, antecedente escolar, município de origem, Renda Familiar *Per Capita* (RFP), entre outras. Ressalta-se que a variável estado civil não foi considerada na análise porque em grande parte dos formulários esta variável não havia sido preenchida, o que impossibilitou a análise da mesma.

Destaca-se que o foco deste estudo foi o primeiro ano dos cursos superiores noturno do *Campus* Rio Pomba devido ao alto índice de evasão que ocorre neste período, segundo a literatura estudada. Enfatiza-se que a análise sobre evasão englobou os três primeiros semestres do curso porque os desistentes do segundo semestre, aqueles que fazem a matrícula e desistem no decorrer do semestre, sem oficializar essa desistência, somente são computados no terceiro semestre do curso pela CGARA do *Campus* Rio Pomba. Para a variável evasão, o período de análise foi 2010 a 2015 e utilizou-se dos documentos dos estudantes armazenados na Coordenação Geral de Assuntos e Registros Acadêmicos (CGARA) do *Campus* Rio Pomba.

Já para a análise do desempenho acadêmico médio dos estudantes por semestre, usou-se dos históricos disponibilizados no Sistema de Administração Acadêmica (SAAC). Ressalta-se que o período de análise do desempenho acadêmico foi de 2010 a 2014, pois, ao finalizar a coleta de dados desta pesquisa, ainda não havia sido lançada as notas do terceiro semestre dos estudantes que ingressaram no ano de 2015 (primeiro semestre de 2016) no SAAC, o que impossibilitou a coleta dos mesmos.

3.3 Análise dos dados

Após a coleta dos dados, buscou-se organizá-los de acordo com o curso e a forma de ingresso, a saber, SiSU e Processo Seletivo Tradicional. Realizou-se, inicialmente, a análise das variáveis referentes ao perfil com base na frequência de ocorrência de cada uma delas. Ressalta-se que, para Hair Jr et al. (2005, p.263), “o objetivo de uma distribuição de frequência é demonstrar o número de respostas associadas com cada valor de uma variável”.

Em seguida, analisou-se a evasão para os três primeiros semestres dos cursos superiores noturnos do *Campus* Rio Pomba, considerando as formas de ingresso.

Posteriormente calculou-se o coeficiente de rendimento médio para os três primeiros semestres de cada curso analisado na pesquisa, Bacharelado em Administração e Licenciatura em Matemática, por meio do programa Microsoft Office Excel 2013®.

Após calcular e analisar a média dos três primeiros semestres dos cursos superiores noturnos do *Campus* Rio Pomba para os ingressantes por meio do Processo Seletivo Tradicional e SiSU, fez-se o Teste F. Este foi importante para verificar se as variâncias dos coeficientes médios eram iguais ou diferentes. De acordo com Oliveira (2008, p.779) o Teste F é “estruturado para avaliar a variação média de uma determinada fonte em relação à variação individual [...]”.

A partir dos resultados do Teste F, realizou-se o Teste T para amostras independentes, a fim de verificar se havia diferenças significativas entre as médias semestrais de desempenho acadêmico dos estudantes dos cursos superiores noturno que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional e do SiSU. Para Hair Jr et al (2005) o Teste T é realizado para avaliar se há ou não alguma diferença significativa entre as médias para uma variável dependente considerando duas amostras independentes, ou se essa diferença ocorre por acaso. Ressalta-se que se utilizou do Microsoft Excel 2013® para a realização do Teste F e do Teste T, sendo o nível de significância adotado de 0,05 para os dois testes.

Para melhor visualização dos resultados da pesquisa foram elaborados tabelas e gráficos no Microsoft Office Excel 2013®. A partir da análise dos dados secundários, foi possível inferir conclusões com base nos dados quantitativos e com suporte do referencial teórico pesquisado.

4. Resultados e discussões

4.1 Bacharelado em administração

Analisando os resultados obtidos, verificou-se que 34% dos estudantes ingressantes por meio do SiSU no curso de administração, entre os anos de 2011 e 2015,

foram do sexo feminino e 66% do sexo masculino. Quanto aos estudantes ingressantes por meio do Processo Seletivo, constatou-se que 43% foram do sexo masculino e 57% do sexo feminino. Ou seja, pelo SiSu predominou-se os ingressantes do sexo masculino e pelo Processo Seletivo o sexo feminino.

A Figura 1, a seguir, apresenta os dados referentes à faixa etária dos estudantes que ingressaram no curso de Administração por meio do SiSU entre os anos de 2011 e 2015. Percebeu-se que 43% dos estudantes estavam na faixa etária entre 20 e 24 anos e 35% encontravam-se na faixa etária de 18 a 19 anos. Ressalta-se que acima de 40 anos não houve nenhum estudante ingressante no período analisado.

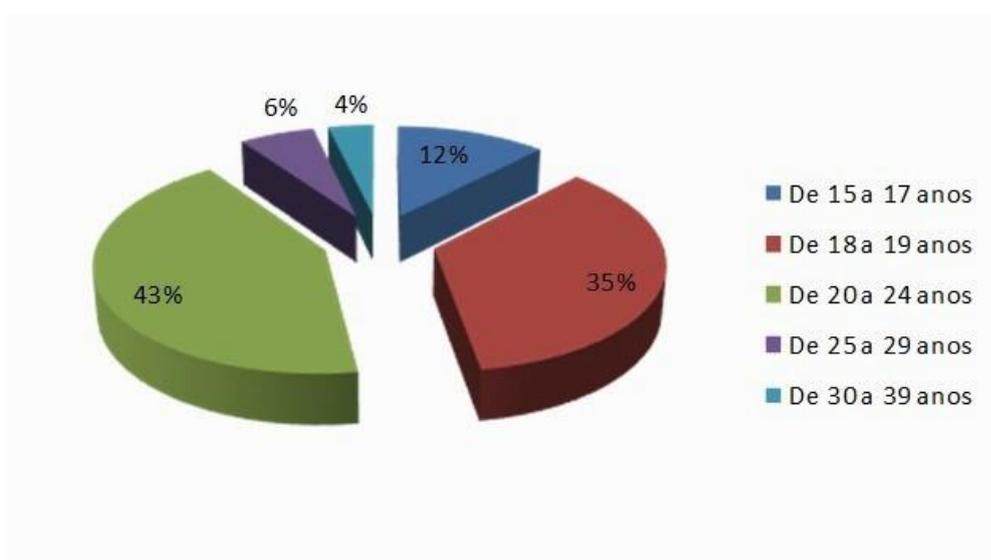


Figura 1: Faixa etária dos estudantes de Administração ingressantes pelo SiSU.
Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 2, abaixo, apresenta as faixas etárias dos estudantes do curso de Administração, que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional (PST) entre os anos de 2011 e 2015. Assim como na Figura 1, as faixas etárias que se destacaram foram a de 20 a 24 anos e a de 18 a 19 anos com 36% cada uma. Isso demonstra que o *Campus* Rio Pomba recebe, em sua maioria, estudantes que saíram a pouco tempo do ensino médio. Ressalta-se que, acima de 40 anos, o percentual foi nulo.

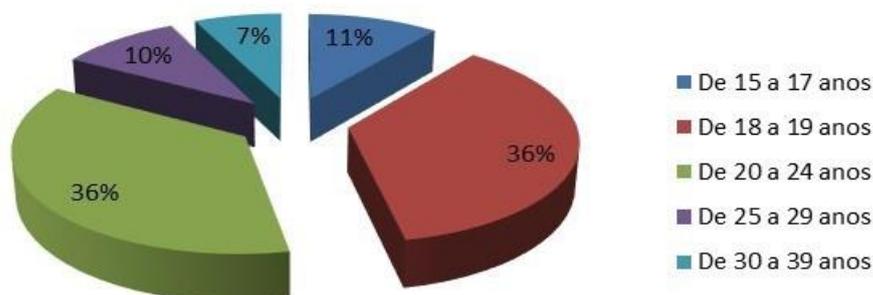


Figura 2: Faixa etária dos estudantes de Administração ingressantes pelo PST.
Fonte: Dados da pesquisa.

Analisou-se também o antecedente escolar dos estudantes do curso de Bacharelado em Administração, ou seja, o tipo de escola frequentada por eles antes da inserção no *Campus* Rio Pomba. Verificou-se que a procedência escolar dos estudantes que ingressaram por meio do SiSU e do Processo Seletivo Tradicional foi igual, 20% de estudantes de escola privada e 80% de escola pública.

Em relação à atividade remunerada, constatou-se que cerca de 70% dos estudantes que ingressaram no curso de Administração por meio do SiSU e cerca de 55% dos que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional, no curso de Bacharelado em Administração, não exerciam atividade remunerada.

Na Figura 3 tem-se a Renda Familiar *Per Capita* (RFP) dos estudantes do curso de Bacharelado em Administração que ingressaram por meio do SiSU entre os anos de 2011 e 2015 no *Campus* Rio Pomba. Observou-se que a Renda Familiar *Per Capita* (RFP) de cerca de 37% destes estudantes ficou entre 1 e 1,5 salários mínimos. Já cerca de 22% dos estudantes do SiSU afirmaram ter RFP entre 0,5 e 1 salário mínimo e cerca de 21% disseram ter Renda Familiar *Per Capita* (RFP) de mais de 3 salários mínimos.

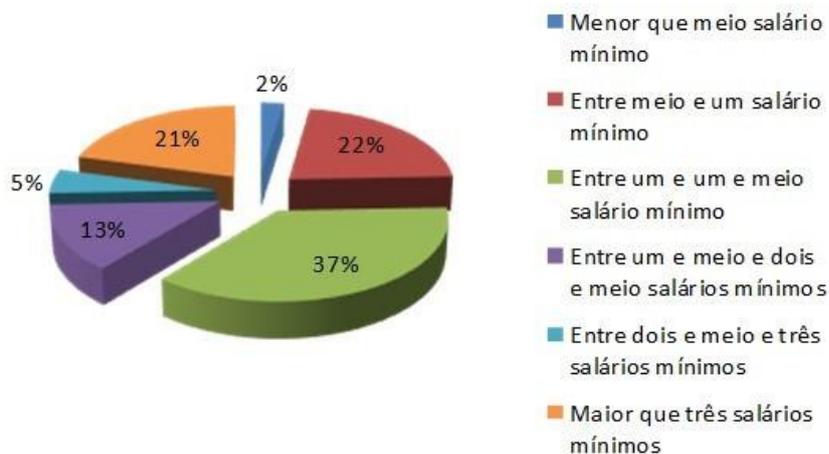


Figura 3: RFP dos estudantes de Administração ingressantes pelo SiSU
Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 4, a seguir, é apresentada a Renda Familiar *Per Capita* (RFP) dos estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional (PST) no curso de Administração do Campus Rio Pomba.

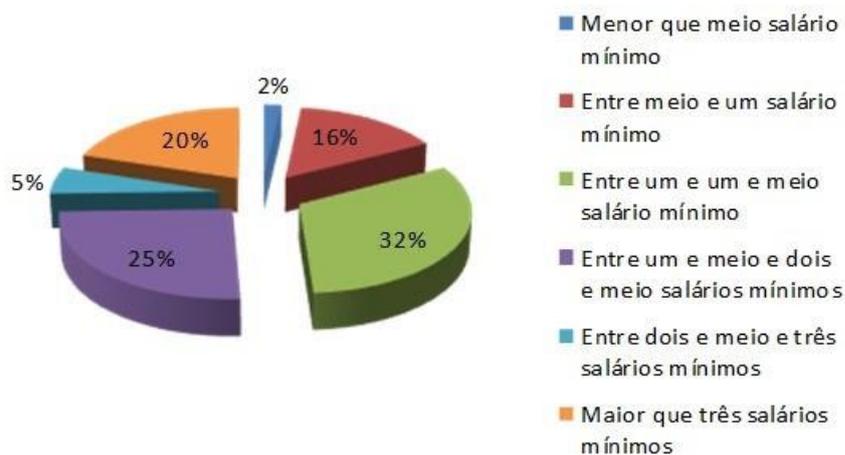


Figura 4: RFP dos estudantes de Administração ingressantes pelo PST
Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com o apresentado, cerca de 32% dos estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional, possuem Renda Familiar *Per Capita* (RFP) entre

1 e 1,5 salários mínimos. Já 25% dos estudantes possuem RFP entre 1,5 e 2 salários mínimos e 20% dos estudantes possuem RFP de mais de 3 salários mínimos.

A última variável de perfil analisada foi o município de origem dos estudantes que ingressaram por meio do SiSU e do Processo Seletivo Tradicional, no curso de Administração do *Campus* Rio Pomba, entre os anos de 2011 e 2015.

A Figura 5 apresenta os dados referentes aos estudantes que ingressaram por meio do SiSU.

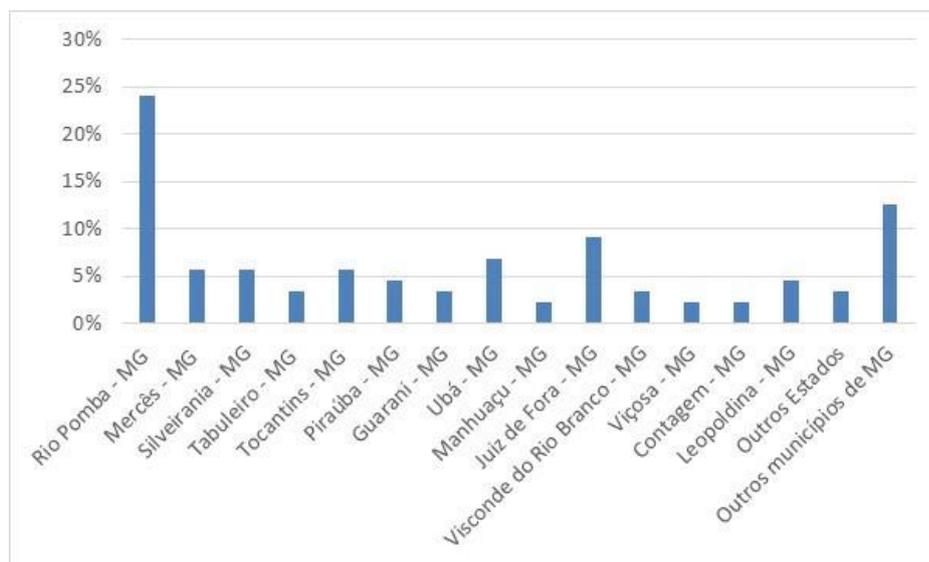


Figura 5: Municípios de origem dos estudantes de Administração ingressantes pelo SiSU.
Fonte: Dados da pesquisa.

Com base na Figura 5, infere-se que a maior parte dos estudantes que ingressaram no curso de Administração por meio do SiSU foram de Rio Pomba – MG, cerca de 25% dos que ingressaram. Ressalta-se que cerca de 15% dos estudantes foram de outras cidades de Minas Gerais, as quais não foram especificadas na Figura 5 porque não se repetiam. Dos municípios do entorno de Rio Pomba, destaca-se Juiz de Fora com cerca de 10% dos estudantes.

Observa-se na Figura 6 que cerca de 45% dos estudantes que ingressaram no curso de Administração, entre os anos de 2011 e 2015, por meio do Processo Seletivo Tradicional foram de Rio Pomba – MG. Entre as cidades do entorno, destacaram Silveirânia, Tocantins e Piraúba com a contribuição de 9% dos estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional. Destaca-se que todos os estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional no curso de Administração foram do estado de Minas Gerais.

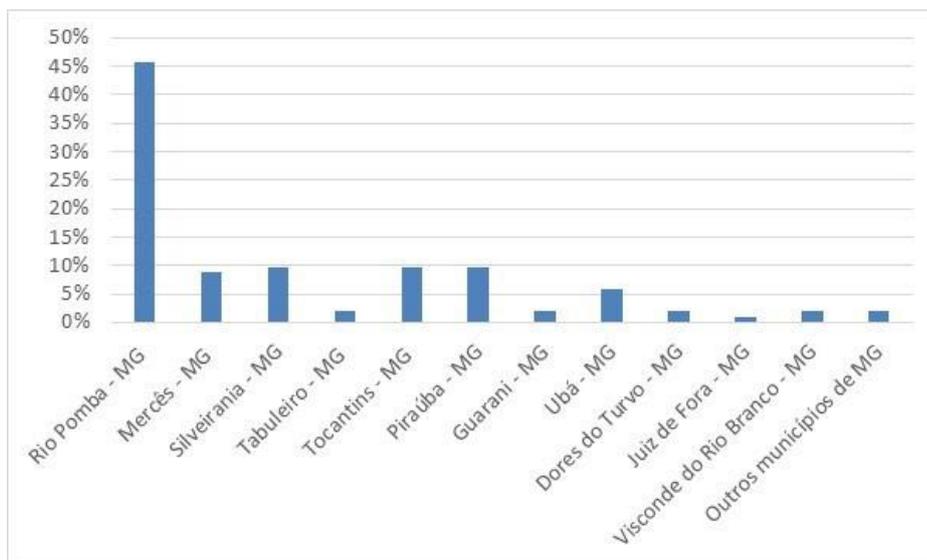


Figura 6: Municípios de origem dos estudantes de Administração ingressantes pelo PST
Fonte: Dados da pesquisa.

Ao relacionar o município de origem dos ingressantes do curso de Administração por meio do Processo Seletivo Tradicional e do SiSU, infere-se que o SiSU favorece a mobilidade dos estudantes, pois abrangeu estudantes de outros estados brasileiros. Esse cenário corrobora a afirmação de Backes (2015) que disse que o SiSU permite a mobilidade acadêmica. Já o Processo Seletivo Tradicional não englobou estudantes de outros estados brasileiros, conforme Figura 6. Ressalta-se que os ingressantes por meio do Processo Seletivo Tradicional originaram-se, na grande maioria das vezes, de cidades mais próximas ao *Campus* Rio Pomba – MG.

Na Figura 7, a seguir, tem-se os percentuais de estudantes evadidos nos três primeiros semestres de cada ano estudado, que ingressaram pelo SiSU, no curso de Bacharelado em Administração do IF Sudeste MG - *Campus* Rio Pomba.

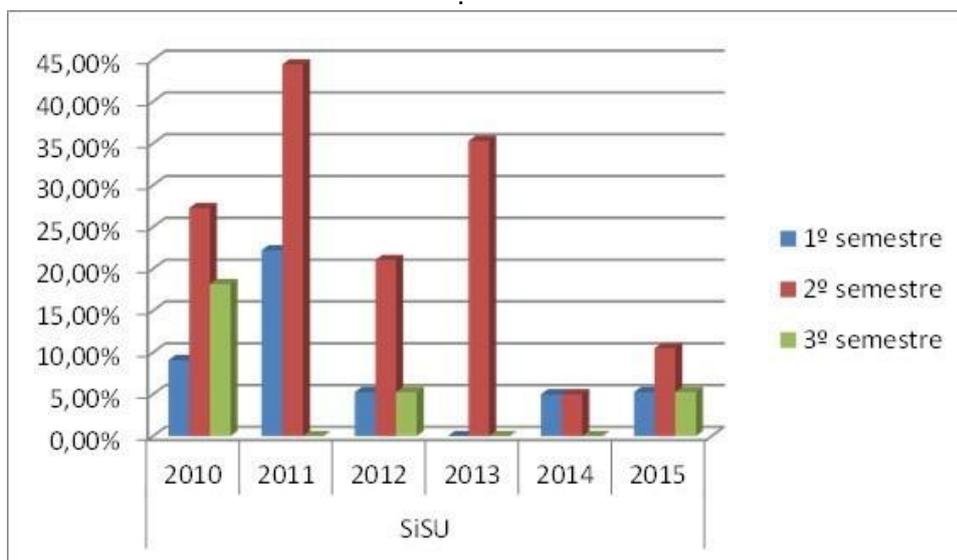


Figura 7: Estudantes do SiSU evadidos do curso de Administração

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar os três primeiros semestres do curso de Bacharelado em Administração, verificou-se que o segundo semestre foi o que apresentou o maior percentual de evadidos, entre os anos de 2010 e 2015, em relação ao número total de matriculados pelo SiSU, conforme Figura 7. Enfatiza-se que no ano de 2014 o percentual de estudantes evadidos, que entraram pelo SiSU, no primeiro e no segundo semestre se igualaram em cerca de 5%. Infere-se que os segundos semestres tendem a ser classificados como o período de maior evasão dos estudantes, pois os desistentes não oficiais dos primeiros semestres apenas serão constatados quando não efetuarem a rematrícula para o segundo semestre. Ressalta-se que a CGARA do IF Sudeste MG – *Campus* Rio Pomba só contabiliza evadidos no primeiro semestre aqueles que desistiram oficialmente da vaga.

A Figura 8, a seguir, é complementar à Figura 7, pois naquela apresenta-se os percentuais de estudantes evadidos nos três primeiros semestres no período de 2010 a 2015, em relação ao número total de ingressantes por meio do Processo Seletivo Tradicional, no curso de Bacharelado em Administração do *Campus* Rio Pomba.

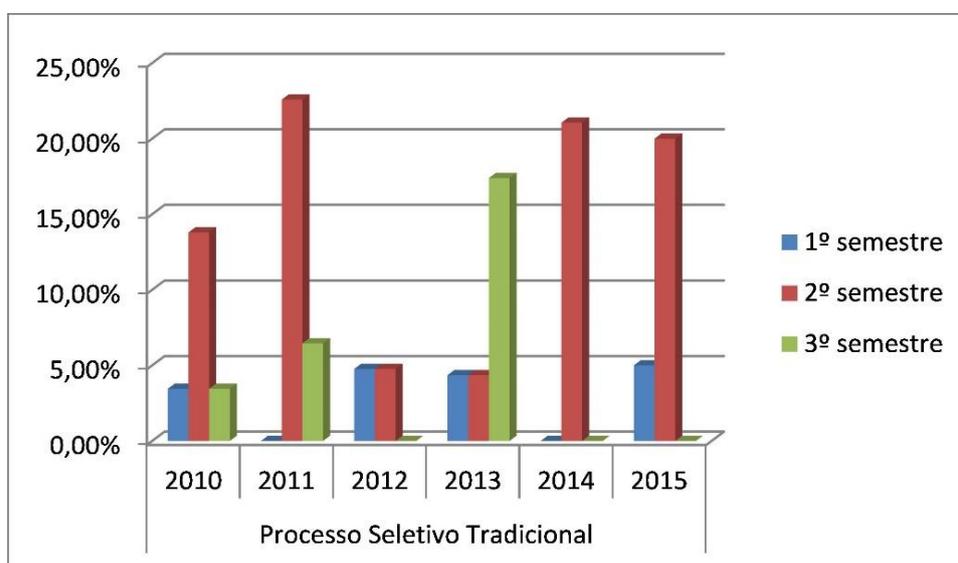


Figura 8: Estudantes do PST evadidos do curso de Administração.
Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 8, o percentual de evadidos que ingressaram pelo Processo Seletivo Tradicional foi maior no segundo semestre do curso de Bacharelado em Administração. Destaca-se o ano de 2012 como o que apresentou o percentual de evadidos no primeiro e no segundo semestres iguais e o ano de 2013 que teve o terceiro semestre como o mais expressivo. Isso pode ter acontecido devido ao fato de o segundo semestre ter muitos desistentes não oficiais, o que só foi contabilizado no terceiro semestre.

A Tabela 1, a seguir, apresenta o comportamento do coeficiente de rendimento médio, nos três primeiros semestres, dos estudantes do curso de Bacharelado em Administração que ingressaram por meio do SiSU entre os anos de 2010 e 2014.

Tabela 1 - Coeficientes de Rendimento Médio dos Estudantes do Curso de Administração do SiSU

Ano de Ingresso	Semestres		
	1º semestre	2º semestre	3º semestre
2010	,97	,48	,51
2011	,10	,30	,33
2012	,27	,79	,96
2013	,96	,52	,02
2014	,78	,84	,61
Média dos coeficientes semestrais – SiSU	,22	,38	,69

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Tabela 1, o desempenho acadêmico médio dos estudantes ingressantes por meio do SiSU no curso de Bacharelado em Administração diminuiu no decorrer dos três primeiros semestres do curso, considerando o período de 2010 a 2014. Ou seja, no primeiro semestre, a média do desempenho foi superior ao segundo semestre, que foi superior ao terceiro semestre.

Com base na Tabela 2, abaixo, verificou-se que o desempenho acadêmico médio dos estudantes que ingressaram no curso de Administração por meio do Processo Seletivo Tradicional (PST) também decresceu ao longo dos três primeiros semestres.

Tabela 2 - Coeficientes de Rendimento Médio dos Estudantes do Curso de Administração do PST

Ano de Ingresso	Semestres			
	1º semestre	2º semestre	3º semestre	
2010		71	73	65
	,31		,88	,44
2011		72	69	74
	,64		,74	,67
2012		78	65	60
	,65		,08	,23
2013		70	66	61
	,72		,94	,50
2014		70	67	59
	,37		,53	,31
Média dos coeficientes semestrais – PST		72	68	64
	,74		,63	,23

Fonte: Dados da pesquisa.

Comparando as Tabelas 1 e 2, constatou-se que os estudantes ingressantes por meio do Processo Seletivo Tradicional possuíam média de desempenho acadêmico superior a dos ingressantes por meio do SiSU nos três primeiros semestres analisados.

Ao realizar-se o Teste T para amostras independentes, considerando os estudantes do curso de Bacharelado em Administração que ingressaram por meio do SiSU e do Processo Seletivo Tradicional, observou-se que não houve diferença significativa entre as médias de coeficientes de rendimento, considerando os três primeiros semestres dos cursos, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Teste T para amostras independentes - Curso de Administração

	SiSU	PST
Média	66,76349	68,5331
	697	4487
Variância	29,68982	18,0996
	396	0687
Stat t	-	
	0,443385578	

P(T<=t) bi-caudal	0,680412
t crítico bi-caudal	2,776445
	748
	105

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com o exposto, infere-se que não há diferença significativa entre o desempenho acadêmico médio dos estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional e do SiSU nos três primeiros semestres do curso de Bacharelado em Administração.

4.2 Licenciatura em matemática

Ao analisar os dados quanto ao perfil dos estudantes que ingressaram no curso de Licenciatura em Matemática entre os anos de 2011 e 2015, por meio do SiSU, verificou-se que cerca de 52% foram do sexo masculino e 48% do sexo feminino. Quanto aos estudantes que ingressaram pelo Processo Seletivo Tradicional, constatou-se que 43% foram do sexo masculino e 57% do sexo feminino. Ou seja, pelo SiSu predominou-se os ingressantes do sexo masculino e pelo Processo Seletivo, o sexo feminino.

Com base na Figura 9, constata-se que 37% dos estudantes que ingressaram pelo SiSU no curso de Matemática, no período de 2011 e 2015, estavam na faixa etária entre 18 e 19 anos e 24% na faixa etária de 20 a 24 anos. Ressalta-se que no período analisado não houve ingressantes pelo SiSU com idade entre 40 e 49 anos.

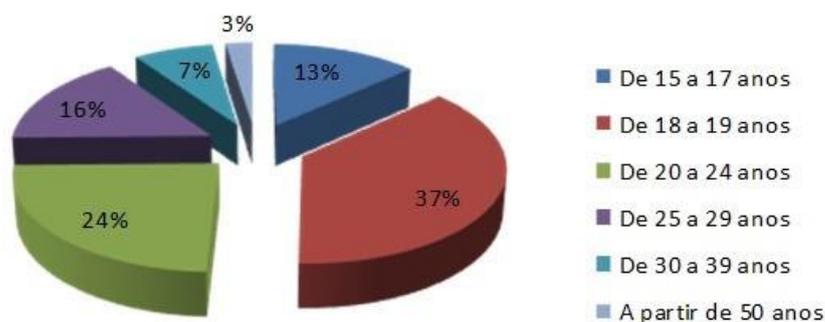


Figura 9: Faixa etária dos estudantes de Matemática ingressantes pelo SiSU.

Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 10, tem-se que 36% dos estudantes que ingressaram por meio de Processo Seletivo Tradicional (PST) no curso de Matemática, no período analisado, possuíam entre 18 e 19 anos e 25% entre 20 e 24 anos.

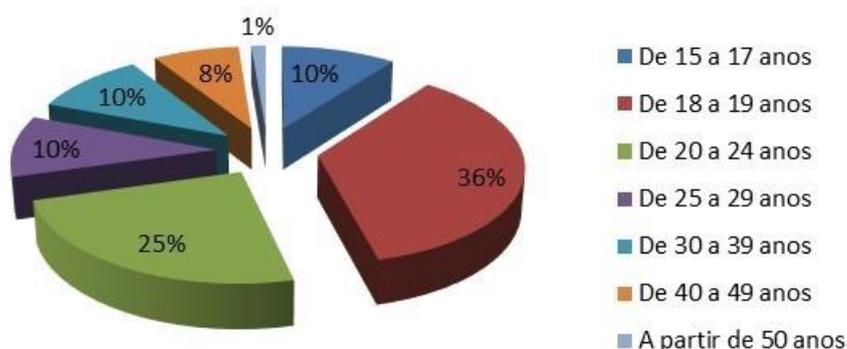


Figura 10: Faixa etária dos estudantes de Matemática ingressantes pelo PST.

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação ao antecedente escolar dos estudantes do curso de Licenciatura em Matemática, verificou-se que 89% dos ingressantes pelo SiSU estudaram em escolas públicas. Esse percentual aumentou para 93% quando se analisou os estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional.

Quanto à atividade remunerada, observou-se que 61% dos estudantes que ingressaram por meio do SiSU e 43% dos que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional, no curso de Matemática, não exerciam essa atividade.

A seguir, tem-se a Figura 11, a qual apresenta os dados referentes à Renda Familiar *Per Capita* (RFP) dos estudantes que iniciaram o curso de Licenciatura em Matemática no *Campus* Rio Pomba, por meio do SiSU, entre os anos de 2011 e 2015.

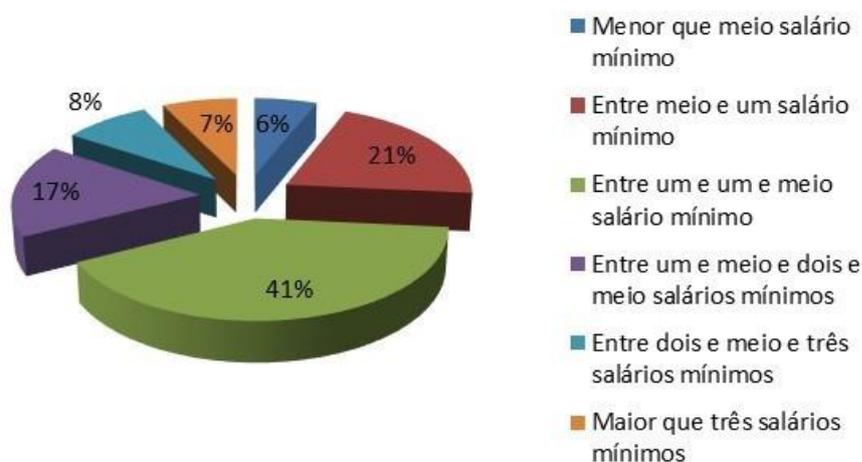


Figura 11: RFP dos estudantes de Matemática ingressantes pelo SiSU.
Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 11, percebe-se que a Renda Familiar *Per Capita* (RFP) predominante entre os estudantes do curso de matemática que ingressaram pelo SiSU foi entre 1 e 1,5 salários mínimos. Com relação à RFP dos estudantes que ingressaram pelo Processo Seletivo Tradicional (PST), pode-se dizer que não houve tanta discrepância, pois 30% afirmaram ser entre 1 e 1,5 salários mínimos, 27% entre 0,5 e 1 salário mínimo e 24% entre 1,5 e 2 salários mínimos, conforme Figura 12.

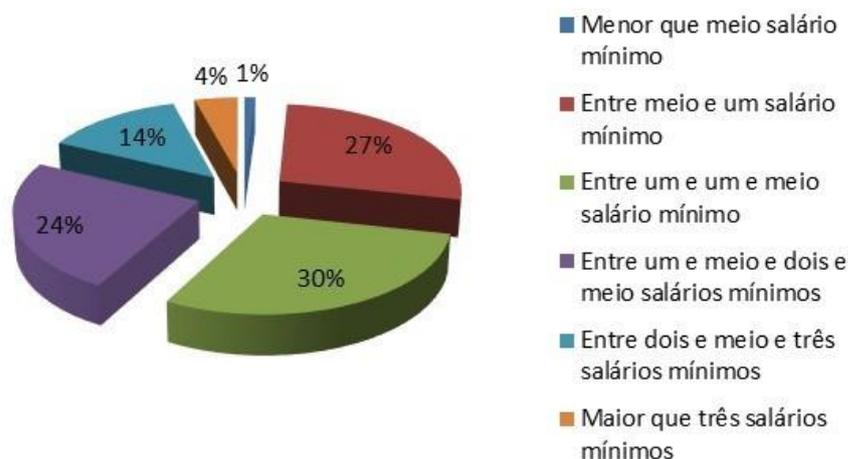


Figura 12: RFP dos estudantes de Matemática ingressantes pelo PST.
Fonte: Dados da pesquisa.

As Figuras 13 e 14, a seguir, apresentam os municípios de origem dos estudantes que ingressaram no curso de Licenciatura em Matemática do *Campus* Rio

Pomba pelo SiSU e pelo Processo Seletivo Tradicional, respectivamente, no período de 2011 a 2015.

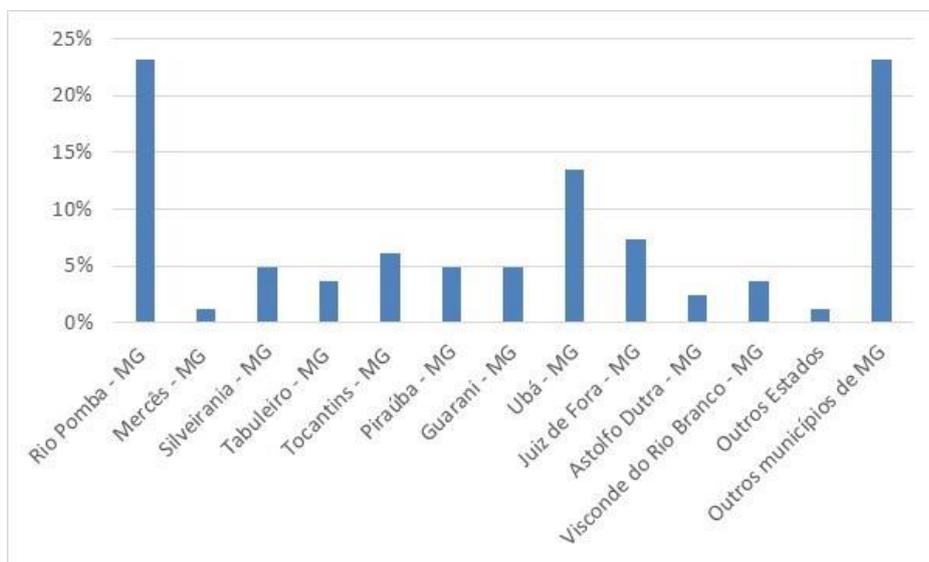


Figura 13: Municípios de origem dos estudantes de Matemática ingressantes pelo SiSU.
Fonte: Dados da pesquisa.

Com base na Figura 13, infere-se que a maior parte dos estudantes que ingressaram no curso de Matemática por meio do SiSU foi de Rio Pomba – MG, cerca de 18% no período analisado, o mesmo percentual para outros municípios de Minas Gerais. A cidade de Ubá – MG se destacou com o percentual de estudantes de 10%. Ressalta-se que houve estudantes que ingressaram pelo SiSU, entre os anos de 2011 e 2015, que vieram de outros estados do Brasil.

Ao analisar os municípios de origem dos estudantes que ingressaram pelo Processo Seletivo Tradicional (PST), averiguou-se que cerca de 35% foram de Rio Pomba – MG. Das cidades ao entorno do *Campus* Rio Pomba, destaca-se Tocantins - MG, com cerca de 18% dos estudantes do curso de matemática que ingressaram por meio do PST, segundo a Figura 14.

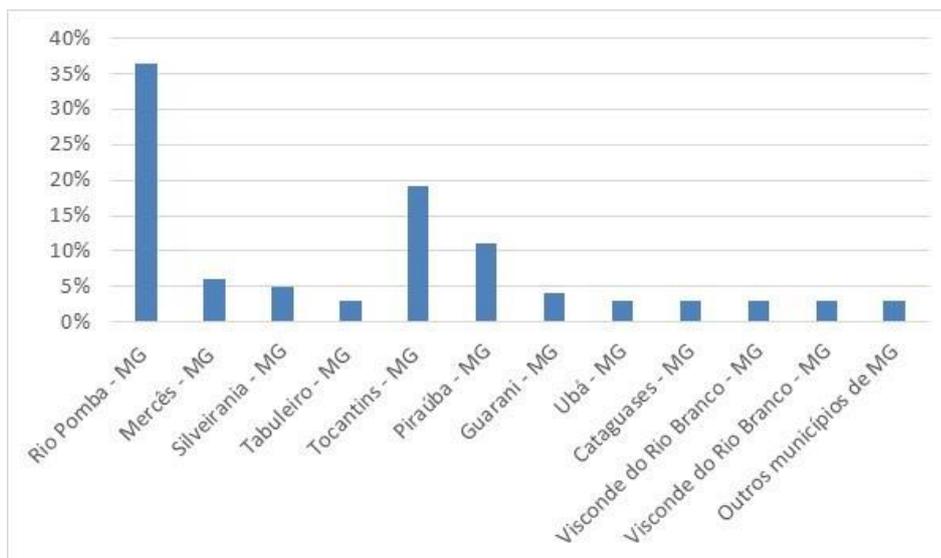


Figura 14: Municípios de origem dos estudantes de Matemática ingressantes pelo PST.
Fonte: Dados da pesquisa.

Ao relacionar o município de origem dos ingressantes do curso de Matemática por meio do Processo Seletivo Tradicional e do SiSU, infere-se que o SiSU favorece a mobilidade dos estudantes, pois abrangeu estudantes de outros estados brasileiros. Isto corrobora a afirmação de Backes (2015) que disse que o SiSU permite a mobilidade acadêmica.

A Figura 15, a seguir, apresenta os dados dos estudantes que ingressaram pelo SiSU e evadiram nos três primeiros semestres do curso de Licenciatura em Matemática do IF Sudeste MG - *Campus* Rio Pomba. A partir dela, verifica-se que a evasão dos estudantes foi predominante no segundo semestre do curso. Somente no ano de 2010 o terceiro semestre obteve o maior percentual de evadidos, sendo que neste mesmo ano nenhum estudante evadiu no segundo semestre. Ressalta-se que em 2011, 2012 e 2014 o percentual de estudantes evadidos no primeiro semestre foi nulo.

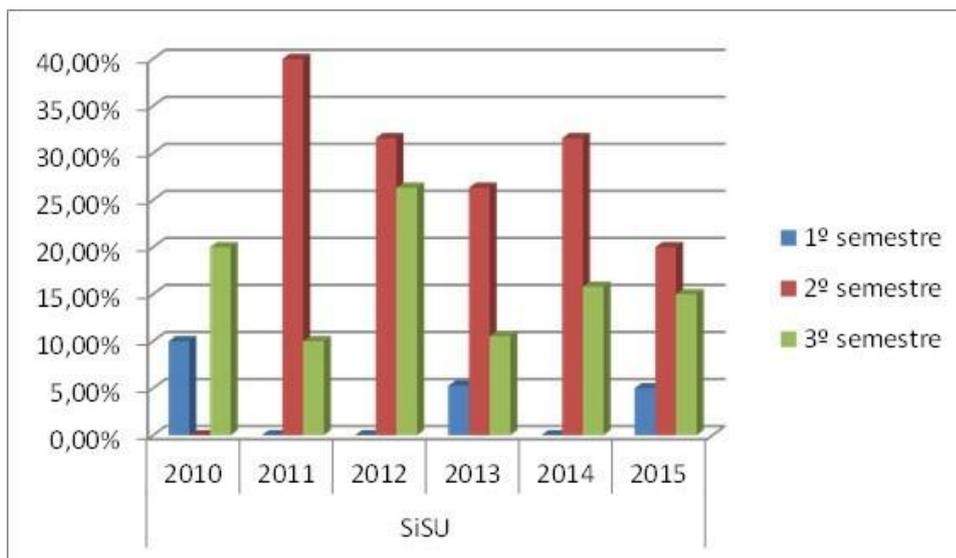


Figura 15: Estudantes do SiSU evadidos do curso de Matemática.
Fonte: Dados da pesquisa.

De acordo com a Figura 16, observa-se que, para todo o período analisado, os segundos semestres foram os que apresentaram o maior percentual de estudantes que ingressaram pelo Processo Seletivo Tradicional (PST) e evadiram do curso de Licenciatura em Matemática do *Campus* Rio Pomba. Destaca-se que somente nos anos de 2011 e 2013 houve evadidos no primeiro semestre deste curso.

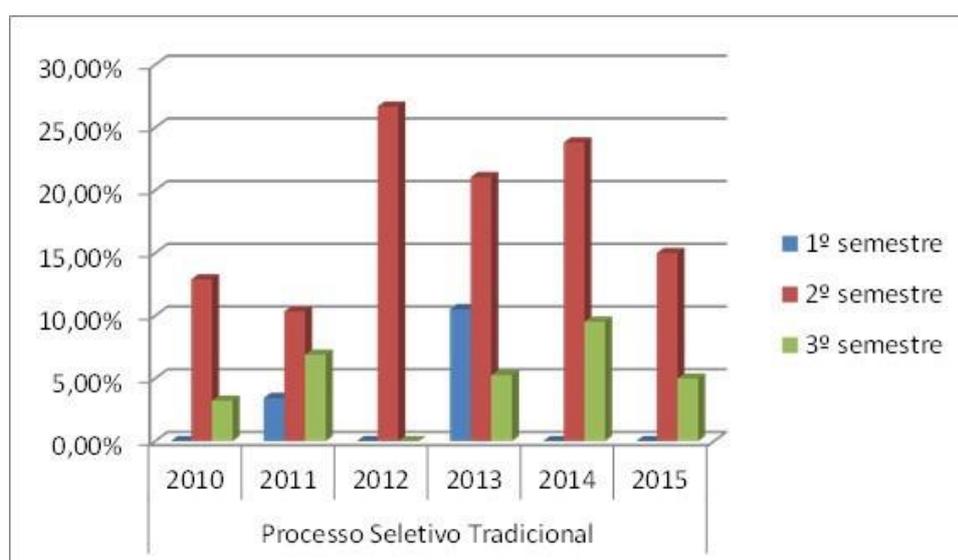


Figura 16: Estudantes do PST evadidos do curso de Matemática.
Fonte: Dados da pesquisa.

Na Tabela 4, a seguir, tem-se os dados referentes aos coeficientes de rendimento médios dos estudantes que ingressaram no curso de Licenciatura em Matemática do *Campus* Rio Pomba pelo SiSU nos anos de 2010 a 2014. Observa-se que os desempenhos acadêmicos médios dos estudantes tiveram uma queda no decorrer dos três primeiros semestres do curso. Ressalta-se que, entre o segundo e o terceiro semestre, a diferença entre as médias foi bastante pequena, cerca de 0,36 pontos.

Tabela 4 - Coeficientes de Rendimento Médio dos Estudantes do Curso de Matemática do SiSU

Ano de Ingresso	Semestres			
	1º semestre	2º semestre	3º semestre	
2010	49	79,45	80,48	69,65
2011	09	69,05	65,98	65,65
2012	10	75,69	57,95	65,65
2013	72	76,04	75,48	74,65
2014	53	63,71	64,23	65,65
Média dos coeficientes semestrais – SiSU	78	72,59	68,23	68,65

Fonte: Dados da pesquisa.

Já a Tabela 5 apresenta os coeficientes de rendimentos médios dos estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional (PST) no curso de Licenciatura em Matemática do IF Sudeste MG - *Campus* Rio Pomba, entre os anos de 2010 e 2014. Verifica-se que houve uma queda progressiva no rendimento acadêmico dos estudantes do curso de Licenciatura em Matemática nos três primeiros semestres do curso. Ressalta-se que entre os 2º e 3º semestres houve uma diferença considerável entre as médias de coeficientes de rendimento.

Tabela 5 - Coeficientes de Rendimento Médio dos Estudantes do Curso de Matemática do PST

Ano de Ingresso	Semestres					
	1º semestre	2º semestre	3º semestre			
2010	3,81	7	7	0,24	6	
2011	6,35	6	7	2,50	1,49	5
2012	9,93	6	5	5,15	7,12	3
2013	0,76	7	6	5,67	9,58	4
2014	7,47	6	6	9,36	2,07	5

Média dos coeficientes semestrais –	6	6	5
PST	9,66	7,33	0,10

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao realizar-se o Teste T para os estudantes do curso de Licenciatura em Matemática que ingressaram por meio do SiSU e do Processo Seletivo Tradicional entre os anos de 2010 e 2014, constatou-se que o valor encontrado para o Teste T foi superior ao nível de significância de 0,05, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Teste T para amostras independentes - Curso de Matemática

	<i>SiSU</i>	<i>PST</i>
Média	69,86600058	62,36319082
Variância	6,419683022	114,183803
Stat t	1,183326612	
P(T<=t) bi-caudal	0,302202371	
t crítico bi-caudal	2,776445105	

Fonte: Dados da pesquisa.

Assim, pode-se concluir que não houve diferença significativa entre as médias dos coeficientes de rendimento dos estudantes do curso de licenciatura em matemática que ingressaram pelo SiSU e pelo PST.

5. Conclusões

O presente trabalho teve como finalidade traçar o perfil e analisar a evasão e o desempenho acadêmico durante o primeiro ano dos estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional e do Sistema de Seleção Unificado (SiSU) nos cursos superiores noturno do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – *Campus* Rio Pomba, mais especificadamente, Bacharelado em Administração e Licenciatura em Matemática.

Ao analisar o perfil dos ingressantes, verificou-se que para os dois cursos estudados, a maioria dos estudantes que ingressaram por meio do SiSU foram do sexo masculino, já a maioria dos estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional foram do sexo feminino. Em relação ao município de origem dos estudantes, o SiSU apresentou estudantes de outros estados brasileiros e de cidades do Estado de Minas Gerais mais distantes do *Campus* Rio Pomba, o que não aconteceu com o Processo Seletivo Tradicional. As variáveis faixa etária, antecedente escolar e Renda Familiar Per Capita (RFP) não apresentaram muita diferença para os estudantes que ingressaram por

meio do SiSU e do Processo Seletivo Tradicional no *Campus* Rio Pomba tanto para o curso de Administração quanto para o curso de Matemática.

Verificou-se que os segundos semestres dos cursos superiores noturnos do *Campus* Rio Pomba foram os que apresentaram, na maioria das vezes, os percentuais mais elevados de estudantes evadidos de acordo com ambas as formas de ingresso, SiSU e Processo Seletivo Tradicional.

Em relação ao desempenho acadêmico dos estudantes que ingressaram por meio do Processo Seletivo Tradicional e do SiSU no período de 2010 a 2014 nos cursos superiores noturnos do *Campus* Rio Pomba pode-se afirmar que o maior coeficiente médio ocorreu, nas duas formas de ingresso, no primeiro semestre, havendo uma diminuição progressista até o terceiro semestre. Verificou-se também que não houve diferença significativa entre as médias dos coeficientes de rendimento dos estudantes dos cursos superiores noturnos conforme as formas de ingresso, SiSU e Processo Seletivo Tradicional.

Acredita-se que os resultados desta pesquisa possam contribuir para o debate das políticas públicas de acesso ao ensino superior, visto que é um tema recente e de grande importância para o cenário da educação pública brasileira. Espera-se que os resultados encontrados contribuam para o desenvolvimento dessas políticas no *Campus* Rio Pomba.

Como limitação cita-se a forma como estavam disponibilizados os dados referentes ao perfil e à evasão, o que demandou bastante trabalho operacional da pesquisadora. Outra limitação foi que este estudo só analisou os cursos superiores noturnos do *Campus* Rio Pomba, o que não permite a generalização para todos os cursos do IF Sudeste MG-Campus Rio Pomba.

Sugere-se que pesquisas semelhantes a esta sejam realizadas para os cursos diurnos do *Campus* Rio Pomba e para os cursos dos outros Campus do IF Sudeste MG para que os resultados possam ser comparados e, posteriormente, seja feita uma análise para o IF Sudeste MG como um todo. Além disso, sugere-se também que seja realizado um estudo que abranja as políticas de acesso ao ensino superior das instituições privadas.

Referências

ABREU, Luis Carlos Martins. **Mecanismos de Seleção de Gale-Shapley Dinâmicos em Universidades Brasileiras: SISU, SISU α e SISU β** . 72f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Economia Administração Atuárias e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/5453/1/2013_dissert_lcmabreu.pdf> Acesso em 01 dez. 2014.

ALBUQUERQUE, Teresa. Do abandono à permanência num curso de ensino superior. **Sísifo/Revista de Ciências da Educação**, Lisboa, n. 7, p. 19-28, 2008. Disponível em: <http://www.researchgate.net/profile/Teresa_Albuquerque/publication/28240665_Do_abandono__permanencia_num_curso_de_ensino_superior/links/0046352863db17f059000000.pdf> Acesso em: 08 de maio de 2015.

ANDRIOLA; Wagner Bandeira. Doze motivos favoráveis à adoção do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) pelas Instituições Federais de Ensino Superior (IFES). **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 70, p. 107-126, jan./mar. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ensaio/v19n70/v19n70a07.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

ANDRADE, Cleide Lugarini de; SPOSITO, Marina Pontes. O aluno do curso superior noturno: um estudo de caso. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 57, p. 3-19, maio. 1986. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiltKI_bTQAhVKIZAKHQb7BNcQFggbMAA&url=http%3A%2F%2Fpublicacoes.fcc.org.br%2Ffojs%2Findex.php%2Fcp%2Farticle%2Fdownload%2F1333%2F1333&usg=AFQjCNFhqqYEWWeRJ7rIrpUkeVNzvYGBNg&sig2=UWMBwRANLiplA6N9SvpgUA&bvm=bv.139250283,d.Y2I>. Acesso em 10 set. 2016.

BACKES, Danieli Artuzi Pes. Análise sobre a influência do sistema de seleção unificada (SISU) na evasão do curso de administração da universidade federal de Mato Grosso. **Revista de Administração do Sul do Pará (REASP)**, v. 2, n. 1, jan/abr. 2015. Disponível em: <<http://www.reasp.fesar.com.br/index.php/REASP/article/view/40/32>>. Acesso em 10 set. 2015.

BAGGI, Cristiane Aparecida dos Santos; LOPES, Doraci Alves. Evasão e avaliação institucional no ensino superior: uma discussão bibliográfica. **Avaliação**. Campinas; Sorocaba, v. 16, n. 2, p. 355-374, jul. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aval/v16n2/a07v16n2.pdf>>. Acesso em 09 jun. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria Normativa MEC nº 21, de 5 de novembro de 2012**. Dispõe sobre o Sistema de Seleção Unificada - SisU. Diário Oficial da União. ed. n. 214 de 6 de novembro de 2012. Brasília, DF: 2012. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/sisu/wp-content/uploads/2014/04/portaria21.pdf>>. Acesso em 20 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. **Proposta apresentada à Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (Andifes)**. 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13318&Itemid=310>. Acesso em 09 dez. 2014.

CARVALHO, Euzébio. Os poderes do processo Processo Seletivo Tradicional: da construção da hegemonia ao prenúncio da queda. In: SEMANA DA LICENCIATURA EM HISTÓRIA DO IFG, 2., 2012, Goiânia. **Anais...** Goiânia. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/6608747-Os-poderes-do-vestibular-da-construcao-da-hegemonia-ao-prenuncio-da-queda-1-euzebio-carvalho-ueg-unu-porangatu-2.html>> Acesso em 10 dez.

2014.

CASTRO, Maria Helena Guimarães de. Enem: Uma Avaliação Inovadora. Artigo de opinião. **INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**, 1999. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/enem-uma-avaliacao-inovadora/21206>. Acesso em 09 dez. 2014.

CAVALCANTE, Maria Cleide Lima Pereira. **Políticas de educação superior: acesso e permanência de estudantes trabalhadores dos cursos noturnos (1996-2006)**. 131 f. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2008. Disponível em: <<http://site.ucdb.br/public/md-dissertacoes/8067-politicas-de-educacao-superior-acesso-e-permanencia-de-estudantes-trabalhadores-dos-cursos-noturnos-1996-2006.pdf>>. Acesso em 10 ago. 2016.

COULON, Alain. **A condição de estudante: a entrada na vida universitária**. São Paulo: EDUFBA, 2008.

CUNHA, Aparecida Miranda; TUNES, Elizabeth; SILVA, Roberto Ribeiro. Evasão do curso de química da Universidade de Brasília: a interpretação do aluno evadido. **Química Nova**, v. 24, n. 1, p. 262-280, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v24n2/4291.pdf>> Acesso em: 10 de maio de 2015.

GONTIJO, Marina Fontes. **Uma Aplicação da Teoria dos Jogos ao mercado do Processo Seletivo Tradicional brasileiro**. 88f, 2008. Dissertação (Mestrado em Economia) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12138/tde-07102008-143516/pt-br.php>>. Acesso em 12 dez. 2014.

HAIR JR., Joseph F.; BABIN, Barry; MONEY, Arthur H.; SAMOUEL, Phillip. **Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HORTA, Patrícia Gomes de Almeida; ORLANDO, Thaís Caldas; SOUZA, Cristina Gomes de; LEITE, Magda Lauri Gomes. Perfil dos ingressantes de um curso de engenharia de produção: Comparação entre o modelo do SISU e do Processo Seletivo Tradicional isolado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. **Anais...** Brasília: Abenge, 2013. v. 1, p. 1-10. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/117203_1.pdf> Acesso em 01 dez. 2014.

ITABORAI, Felipe Luis Sterquino. **Matching Theory e o acesso dos estudantes às instituições de ensino, com uma aplicação ao novo sistema SISU no Brasil**. 44f, 2013. Monografia (Especialização em Ciências Econômicas) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/6743/1/2013_FelipeLuisSterquinoltaborai.pdf> Acesso em 01 out. 2015.

LOBO, Maria Beatriz de Carvalho Melo. Panorama da evasão no ensino superior brasileiro: aspectos gerais das causas e soluções. **ABMES**, n. 25, 2012. Disponível em: <http://www.institutolobo.org.br/imagens/pdf/artigos/art_087.pdf>. Acesso em 10 jun.2016.

MARANHÃO, Jucilene Dias. **Ensino Superior Noturno: Percepções de estudantes da graduação da Universidade Federal da Bahia**. 133f. 2015. Dissertação (Mestrado em Estudos Interdisciplinares sobre a Universidade) – Instituto de Humanidades, Artes e Ciências Professor Milton Santos, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/18124/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O---Ensino%20Superior%20Noturno-%20percep%C3%A7%C3%B5es%20de%20estudantes%20da%20gradua%C3%A7%C3%A3o%20da%20UFBA.pdf>>. Acesso em 05 set. 2016.

NANTES, Valquiria Allis. **Expansão da educação superior em Mato Grosso do Sul e a ampliação do acesso ao ensino superior noturno 1990 a 2006**. 111f. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2010. Disponível em: <<http://site.ucdb.br/public/md-dissertacoes/8160-expansao-da-educacao-superior-em-mato-grosso-do-sul-e-a-ampliacao-do-acesso-ao-ensino-superior-noturno-1990-a-2006.pdf>>. Acesso em 20 ago. 2016.

OLIVEIRA, Andréia Fróes Galuci. Testes Estatísticos para Comparação de Médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n. 6, p.777-788, nov./dez. 2008. Disponível em: <http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/076V5N6P777_788_NOV2008_.pdf>. Acesso em 20 ago. 2016.

ROSA; Chaiane de Medeiros. Políticas públicas para a educação superior no governo lula. **Poiesis Pedagógica**, Catalão/GO, v.11, n.1, p. 168-188, jan/jun. 2013. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/poiesis/article/view/27005/15422>>. Acesso em 09 dez. 2014.

SAMPAIO, Breno; SAMPAIO, Yony; MELLO, E. P. G. de; MELO, A. S. Desempenho no Processo Seletivo Tradicional, background familiar e evasão: Evidências da UFPE. **Economia Aplicada**, v.15, n. 2, p. 287- 309, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ecoa/v15n2/v15n2a06.pdf>>. Acesso em 10 jun. 2016.

SAMPAIO, Edilma Mota Rodrigues. **O exame nacional do ensino médio (enem) nas escolas de Campo Grande/MS: A influência na prática pedagógica segundo os professores de matemática**. 158f. 2012. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2012. Disponível em: <<http://site.ucdb.br/public/md-dissertacoes/10305-edilma-mota-rodrigues-sampaio.pdf>>. Acesso em 05 out. 2015.

SANTOS, Janete dos. Política Pública de Acesso ao Ensino Superior: Um Olhar Sobre a Utilização do ENEM/SISU na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. In.: CONGRESSO LUSO AFRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS, 11., 2011. **Anais...**

Ondina: UFBA, 2011. Disponível em:

<http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45977919/utilizacao_do_enem_sisu.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1472517327&Signature=J1luHzhthcQcKK%2B1tdQBo1OX7mU%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPOLITICA_PUBLICA_DE_ACESSO_AO_ENSINO_SUP.pdf>. Acesso em 09 dez. 2014.

SILVA FILHO, Roberto Leal Lobo e; MOTEJUNAS, Paulo Roberto; HIPÓLITO, Oscar; LOBO, Maria Beatriz de Carvalho Melo. A evasão no ensino superior brasileiro. **Cadernos de Pesquisa**, v. 37, n. 132, set./dez. 2007. Disponível em:

<http://www.alfaguia.org/alfaguia/files/1341268055_925.pdf>. Acesso em 10 jun. 2016.

TERRIBILI FILHO, Armando. **Educação superior no período noturno**: impacto do entorno educacional no cotidiano do estudante. 2007. 186f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2007. Disponível em:

<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/104842/terribilifilho_a_dr_mar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 05 out. 2016.

TERRIBILI FILHO, Armando; NERY, Ana Clara Bortoleto. Ensino superior noturno no Brasil: história, atores e políticas. **Revista Brasileira de Política e Administração Educação**, [S.l.], v.25, n.1, p. 61-81, jan./abr. 2009. Disponível em:

<<http://seer.ufrgs.br/rbpae/article/view/19327>>. Acesso em 07 ago. 2016.

CAPÍTULO 6 - ALIMENTOS PROBIÓTICOS DE ORIGEM VEGETAL: DESAFIOS PARA IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS MICRORGANISMOS UTILIZADOS

Bruno de Andrade Pires
John Warnens Canuto
Maurilio Lopes Martins
Eliane M. Furtado Martins
Aurélia Dornelas de Oliveira Martins

1. Introdução

A utilização de bactérias probióticas na alimentação humana é de importância para a saúde, sendo objeto de estudo pela comunidade científica há anos. A relação dessas bactérias com o bom funcionamento intestinal e com a regulação do sistema imunológico é documentada e várias outras propriedades têm sido relatadas recentemente. Entretanto, as características funcionais das bactérias probióticas, bem como as vantagens que elas proporcionam à saúde humana são restritas à estirpe.

Produtos alimentícios probióticos com alegações funcionais são alimentos contendo microrganismos vivos em quantidade suficiente para promover o benefício alegado, sendo necessária grande acurácia e controle na produção. Esses produtos são comercializados em todo mundo. Os grandes laticínios, em maior parte empresas de origem estrangeira, dominam o setor no mercado brasileiro, possuindo a tecnologia de produção, de controle de qualidade e canais de distribuição para esses produtos.

A incorporação de bactérias probióticas aos alimentos permite às empresas melhorarem suas margens de comercialização, além de ser instrumento de inovação e diferenciação frente à concorrência. Porém, a aquisição de conhecimento prático e tecnológico para a elaboração de produtos probióticos representa uma limitação para os produtores nacionais, sobretudo para as indústrias de pequeno porte.

Entre os microrganismos probióticos mais estudados encontra-se a estirpe *Lactobacillus rhamnosus* GG, que se destaca pelos muitos benefícios à saúde, o que proporciona sua utilização na indústria alimentícia há alguns anos.

Tradicionalmente, os produtos disponíveis no mercado utilizam como veículos para bactérias probióticas os derivados lácteos, cuja matriz é considerada ideal por permitir, comprovadamente, a viabilidade dos microrganismos no período entre a produção e o consumo. No entanto, os benefícios dessa categoria de alimentos funcionais são limitados por excluir os consumidores veganos, intolerantes à lactose e alérgicos às proteínas do leite.

Por outro lado, a indústria nacional de alimentos de origem vegetal não conta, atualmente, com esta ferramenta de apelo na comercialização dos seus produtos, sendo que o desenvolvimento de alimentos de origem vegetal e probióticos vem ao encontro dos anseios de um grupo expressivo de consumidores e de um setor importante da indústria de alimentos brasileira, a fim de disponibilizar, para o setor produtivo nacional, um novo nicho de mercado não explorado.

Nos últimos sete anos, pesquisas sobre o desenvolvimento de produtos probióticos veiculados por matrizes vegetais vêm sendo realizadas na Unidade de Processamento de Produtos de Origem Vegetal e no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, *Campus* Rio Pomba, sendo algumas dessas em parceria com o Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa (Tabela 1). Os resultados alcançados contribuíram, consideravelmente, para a difusão de conhecimentos na área de alimentos funcionais, formação de recursos humanos e para a elaboração deste capítulo de livro.

Tabela 1. Projetos de pesquisa e publicações sobre o desenvolvimento de produtos probióticos veiculados por matrizes vegetais desenvolvidos na Unidade de Processamento de Produtos de Origem Vegetal e no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, *Campus* Rio Pomba.

Projeto de pesquisa	Período	Financiamento	Publicações
Efeito de estresses subletais em células de <i>L. rhamnosus</i> GG em suco misto de juçara e manga	016 - 2017	<i>Campus</i> Rio Pomba e PET Ciências Agrárias	-
Estresse subletal em células de <i>L. rhamnosus</i> GG pela aplicação de alta pressão isostática e sobrevivência do probiótico em suco misto de juçara e manga	015 - 2017	<i>Campus</i> Rio Pomba e PET Ciências Agrárias	-
Suco de abacaxi com juçara fermentado com <i>L. rhamnosus</i> GG: resistência da estirpe probiótica às condições gastrointestinais simuladas <i>in vitro</i> e efeito protetor no desenvolvimento de lesões pré-neoplásicas em ratos <i>wistar</i>	014 - 2016	<i>Campus</i> Rio Pomba	Dissertação de mestrado defendida em setembro de 2016
Viabilidade de <i>L. rhamnosus</i> GG em bebida mista probiótica de abacaxi com juçara e sobrevivência dessa bactéria ao trato gastrointestinal humano	014 - 2016	<i>Campus</i> Rio Pomba	Dissertação de mestrado defendida em agosto de 2016
Desenvolvimento de suco misto probiótico a partir dos	014 -	FAPEMIG e CNPq	Artigo - Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie / Food Science +

Projeto de pesquisa	Período	Financiamento	Publicações
frutos da palmeira juçara e manga Ubá utilizando pasteurização e alta pressão isostática	2016		Technology - LWT, v. 77, p. 259-268, 2017
Viabilidade de <i>L. rhamnosus</i> GG em suco de jaboticaba e sua sobrevivência sobre condições gastrointestinais simuladas <i>in vitro</i>	014 - 2017	FAPEMIG e CNPq	Artigo - Semina Ciências Agrárias - artigo aceito para publicação em 2017
Desenvolvimento de produtos alimentícios com apelo funcional a base de frutos de <i>Euterpe edulis</i> Martius	013 – 2015	CNPq	-
Enriquecimento de vegetais minimamente processados com micro-organismos probióticos	013 - 2017	CNPq	Patente depositada em 04/01/2016: BR 10 2016 000014 9
Viabilidade do uso de salada de frutas minimamente processada como veículo de micro-organismos probióticos	010 - 2012	CAPES e CNPq	Artigo 1. International Food Research Journal - artigo aceito para publicação em 2017. Artigo 2. Ciência e Tecnologia de Alimentos (Online), v. 36, p. 540-548, 2016. Artigo 3. African Journal of Biotechnology, v. 14, p. 2022, BB6119E537-2027, 2015. Artigo 4. Food Research International, v. 51, p. 764-770, 2013. Capítulo de livro. Research and Development of Probiotic Products from Vegetable Bases: A New Alternative for Consuming Functional Food. In: V Ravishankar Rai V; Jamuna A. Bai. (Org.). Beneficial Microbes in Fermented and Functional Foods. 1ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2015, v. 1, p. 207-222.
Avaliação da viabilidade de bactéria probiótica, biopreservação e segurança alimentar de melão minimamente processado	010 - 2011	<i>Campus</i> Rio Pomba	Artigo - Semina Ciências Agrárias (Online), v. 35, p. 2415-2426, 2014.
Estabilidade de <i>Lactobacillus acidophilus</i> e <i>L. rhamnosus</i> em vegetais minimamente processados	011 - 2012	<i>Campus</i> Rio Pomba	Artigo - International Journal of Postharvest Technology and Innovation, v. 3, p. 140-150, 2013.
Elaboração, avaliação físico-química e microbiológica de sucos mistos probióticos de maracujá com inhame	011 - 2012	<i>Campus</i> Rio Pomba	-
Elaboração e avaliação físico-química, microbiológica e sensorial de suco misto de abacaxi com yacon potencialmente simbiótico	012 - 2013	<i>Campus</i> Rio Pomba	Artigo - Magistra online, v. 26, p. 1211 - 1214, 2014.

2. Alimentos probióticos

Os probióticos são definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro (FOOD AND AGRICULTIVE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS - FAO / WHO, 2002). No entanto, Ferreira e Silva (2010) acreditam que esta definição não deverá permanecer por muito tempo, uma vez que vários microrganismos, como os componentes de fermentos lácticos, por exemplo, promovem benefícios ao hospedeiro e não são considerados probióticos.

Probióticos são ingredientes alimentares que, quando consumidos, carregam bactérias benéficas que proporcionam equilíbrio da microbiota intestinal ao consumidor (ZHU et al., 2011). A ingestão desses alimentos proporcionam benefícios diversos, principalmente aqueles relacionados à preservação fisiológica das funções do trato gastrointestinal e do sistema imunitário, entre outros (Figura 1). Portanto, tais alimentos devem possuir comprovação científica em suas alegações de benefícios à saúde (TRIPATHI; GIRI, 2014).

Os alimentos probióticos devem ser seguros e conter os microrganismos em número suficiente e viáveis no momento do consumo (FAO / WHO, 2002). Além disso, as estirpes probióticas selecionadas para alimentos devem ser adequadas à escala de produção industrial, com capacidade de resistir e manter sua funcionalidade durante a produção e armazenamento (SHORI, 2016). No organismo hospedeiro, essas bactérias devem manter-se viáveis à passagem pelo trato gastrointestinal, ou seja, devem resistir às elevadas condições ácidas do estômago e à ação das enzimas e dos sais biliares no intestino delgado. Além disso, devem aderir às células intestinais, fixando-se no organismo, em que serão potencialmente benéficas (RAY; DASGUPTA, 2014; SOUZA et al., 2010).

Dessa maneira, em função dos desafios, a contagem de microrganismos probióticos nos alimentos veiculadores deve ser elevada, e seu consumo deve estar na faixa de 10^8 a 10^9 UFC por dia, equivalente ao consumo de 100 g de um alimento que possua entre 10^6 a 10^7 UFC/g para exercer o benefício (BANSAL et al., 2016). O sucesso das bebidas probióticas é muitas vezes limitado pela natureza sutil dos ingredientes e da possibilidade de contaminação ou de baixa viabilidade das estirpes durante o armazenamento (MARTINS et al., 2016).



Figura 1. Benefícios conferidos pelos microrganismos probióticos relatados cientificamente (DAVARI et al., 2013; WANG et al., 2013; WANG; WANG; CAI, 2013; TRIPATHI; GIRI, 2014).

Tradicionalmente, a viabilidade celular é mensurada com base na capacidade dos microrganismos probióticos em formar colônias em meio sólido de crescimento. Porém, essa técnica não tem poder de resolução para fornecer resultados em curto período de tempo, nem de mensurar bactérias de cultivo difícil ou inviável, situação comum em bactérias probióticas durante sua passagem pelo sistema gastrointestinal ou quando em alimentos armazenados por longos períodos (CATTANI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2013). Entretanto, células danificadas podem manter ainda alguma atividade metabólica e contribuir para a promoção da saúde (DOHERTY et al., 2010; PATEL; DENNING, 2013).

3. Alimentos de origem vegetal como matrizes carreadoras de bactérias probióticas

Os alimentos considerados carreadores eficientes de bactérias probióticas para o trato gastrointestinal são, tradicionalmente, os fermentados lácteos (MARTINS et al., 2013; MARTINS et al., 2015). Existe, entretanto, uma elevada gama de consumidores que possuem dieta restritiva a produtos dessa natureza, como os alérgicos às proteínas do leite, os intolerantes à lactose, os que possuem restrição a produtos ricos em colesterol, ou,

também, indivíduos veganos, que por opção deixam de consumir lácteos (OLIVEIRA et al., 2014; YANG et al., 2014; MARTINS et al., 2015).

Nesse contexto, outras bases alimentícias podem ser utilizadas como carreadores desses microrganismos (MARTINS et al., 2016). Em razão dos benefícios e da sua grande aceitação pelos consumidores, a matriz vegetal tem sido apresentada como uma boa alternativa para a veiculação de probióticos, em função de conter nutrientes como fibras, antioxidantes, açúcares, etc. Todavia, há, na literatura, divergências quanto à eficiência da matriz vegetal em ser carreadora desses microrganismos (MARTINS et al., 2013; TIRLONI et al., 2014), embora se verifique a publicação de estudos como o de Oliveira et al. (2014), que verificaram que a adição de *L. rhamnosus* a melão minimamente processado não comprometeu a viabilidade dessa bactéria ao longo de sua vida de prateleira. Espírito Santo et al. (2011) também relacionaram vários sucos como carreadores de bactérias probióticas. Os resultados obtidos por esses autores corroboram com relatos da eficiência da matriz vegetal como alimento probiótico potencialmente funcional.

Apesar das limitações comuns em bebidas probióticas, ressalta-se a importância das estirpes probióticas selecionadas manterem a sua viabilidade e atividade funcional durante todo o período de vida útil do produto (SHORI, 2016). Para tanto, as características de viabilidade e manutenção da sobrevivência das bactérias probióticas devem ser verificadas nos alimentos, a fim de se fornecer aos consumidores produtos eficientes (TRIPATHI; GIRI, 2014). Também, ressalta-se que a base alimentar carreadora do probiótico deve ser de interesse do consumidor (MARTINS et al., 2016).

Entre os produtos de origem vegetal com potencial ao desenvolvimento de alimentos probióticos destacam-se as bebidas de frutas, que, devido às suas características químicas e nutricionais, são uma possibilidade de escolha para o desenvolvimento de alimentos funcionais com apelo probiótico (YANG et al., 2014; MARTINS et al., 2015).

Moreira et al. (2017) desenvolveram suco misto adicionado de *L. rhamnosus* GG a partir de polpa de juçara e manga ubá e constataram que este pode ser considerado como alimento com apelo funcional uma vez que *L. rhamnosus* GG mostrou-se viável ao longo do armazenamento dos sucos. Assim, a elaboração de bebida probiótica com os frutos da palmeira juçara é uma nova opção para o desenvolvimento de produtos com apelo funcional. Os frutos da juçara apresentam características que conferem a esta matriz grande potencial, como sua boa concentração de polifenóis; o apelo que produtos naturais antioxidantes possuem para os consumidores; a ação dos compostos antioxidantes que diminui o estresse oxidativo, contribuindo para a preservação das bactérias probióticas; a necessidade de se criar alternativas permitindo a exploração sustentável dos recursos naturais da mata atlântica e, sobretudo, um mercado de alimentos receptivo a novidades

com apelo ecológico e natural (OLIVEIRA JUNIOR; NEVES; JUNQUEIRA, 2010; LIMA et al., 2012).

4. Principais gêneros de bactérias probióticas

Uma grande variedade de gêneros e espécies de microrganismos é considerada como potenciais probióticos, e algumas já são utilizadas comercialmente em alimentos, destacando-se *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*. A principal razão, além das já mencionadas capacidade de sobrevivência e adesão ao trato gastrointestinal, é que ambos os gêneros têm uma longa história de uso seguro e são considerados como GRAS (geralmente reconhecido como seguro para consumo). *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* também são habitantes dominantes no intestino humano – *Lactobacillus*, no intestino delgado e *Bifidobacterium*, no intestino grosso (TRIPATHI; GIRI, 2014).

Lactobacillus é o maior e mais diverso gênero do grupo das bactérias do ácido láctico, que detém mais de 125 espécies e abrange uma grande variedade de microrganismos, incluindo aqueles exclusivamente lácteos (*Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* e *Lactobacillus helveticus*), os comumente encontrados no trato gastrointestinal de vertebrados (*Lactobacillus acidophilus* e *Lactobacillus gasseri*) e aqueles com notável capacidade de adaptação a diferentes habitats – *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus casei* (DUŠKOVÁ et al., 2012).

As espécies *L. casei*, *Lactobacillus paracasei* e *L. rhamnosus* fazem parte do grupo chamado Grupo *L. casei* e possuem importante valor comercial para a indústria de alimentos, devido a seu emprego na produção de leites fermentados e como culturas iniciadoras de fermentação na fabricação de queijos para a melhoria de sua qualidade. As referidas estirpes também são aptas a colonizar vários ambientes naturais, como boca, trato intestinal e vagina humana, produtos de laticínios e produtos vegetais, ensilagem, esgoto e alimentos deteriorados (SATO et al., 2012).

Tais microrganismos estão especificamente associados à fermentação do pão e algumas fermentações de queijos em salmouras, além de causarem também deterioração de queijos pela fermentação do citrato, que é convertido em dióxido de carbono (KIRK; BORCHERT; FUGLSANG, 2002). Estirpes de *L. casei*, *L. paracasei* e *L. rhamnosus* têm sido amplamente estudadas com relação à suas propriedades promotoras da saúde, sendo frequentemente empregadas como probióticos em alimentos industrializados (REALE et al., 2014). Fenotipicamente, estas bactérias são separadas com base na capacidade de fermentação. *L. rhamnosus* fermenta L-ramnose para produzir ácido láctico, enquanto *L. casei* e *L. paracasei* não o podem fazê-lo. Uma característica fenotípica interessante que distingue a estirpe de *L. rhamnosus* GG das outras estirpes dessa espécie está relacionada à sua incapacidade de fermentar lactose (SATO et al., 2012). A estirpe *L. rhamnosus* GG

vem chamando a atenção de pesquisadores em todo o mundo em função de possuir além das qualidades comuns a todos os probióticos outras características peculiares como produção de pili e sortase que beneficiam a adesão ao aparelho digestivo (KANKAINEN et al., 2009; LEBEER et al., 2012).

L. rhamnosus GG (ATCC 53103) é a estirpe probiótica com maior número de estudos publicados, sendo declarada como segura para consumo pelo órgão responsável nos Estados Unidos e não possui plasmídeo, o que reduz a possibilidade de transferência de material genético para outras bactérias. Esta bactéria foi isolada em 1983 a partir do trato intestinal de um ser humano saudável (bactéria residente) nos Estados Unidos da América, por Sherwood Gorbach e Barry Goldin (DORON; SNYDMAN; GORBACH, 2005). Esses pesquisadores fizeram o pedido de patente em 17 de abril de 1985 de uma linhagem de *L. acidophilus* GG que haviam depositado na *American Type Culture Collection* (ATCC) sob número de registro 53103. Posteriormente, esta estirpe foi reclassificada como *L. rhamnosus* (DORON; SNYDMAN; GORBACH, 2005; AHLROOS; TYNKKYNNEN, 2009; WANG et al., 2013).

A patente (US4839281 A) afirma que *L. rhamnosus* GG (ATCC 53103) produz ácido láctico e é estável à ação do ácido estomacal e da bile, tendo uma grande afeição por células da mucosa intestinal humana. Desde o isolamento de *L. rhamnosus* GG, esta bactéria tem sido extensivamente estudada em relação aos benefícios para a saúde, sendo, atualmente, a bactéria probiótica mais estudada, havendo 2438 estudos científicos já conduzidos com a mesma disponíveis na plataforma sciencedirect (www.sciencedirect.com). Sua sequência genômica, também, está totalmente descrita (SILVA et al., 1987; DORON; SNYDMAN; GORBACH, 2005).

Enquanto *L. rhamnosus* GG (ATCC 53103) é caracterizado por resistir ao ácido estomacal e ao suco biliar do intestino e reconhecido por colonizar o trato digestivo e por equilibrar a microbiota intestinal, as evidências sugerem que outras estirpes de *L. rhamnosus*, provavelmente, sejam habitantes transientes e não residentes do trato gastrointestinal humano (REALE et al., 2014). Independentemente disso, considera-se *L. rhamnosus* GG potencialmente útil para o tratamento de várias doenças. No entanto, a maioria dos mecanismos moleculares envolvidos não são ainda conhecidos. Apesar disso, estudos demonstram sua ação benéfica em quadros de diarreia, infecções respiratórias, dermatite atópica, doenças do trato urogenital, permeabilidade do trato intestinal, transporte gastrointestinal, ansiedade e em processos de perda de peso (LAM et al., 2007; WANG et al., 2013). *L. rhamnosus* GG é declarado seguro pelo FDA (*Food and Drug Administration*).

5. Técnicas de contagem, avaliação de viabilidade e identificação de bactérias probióticas

A avaliação da viabilidade das bactérias probióticas ou capacidade de sobrevivência deve ser assegurada em todas as fases de processamento e armazenamento dos alimentos até o consumo, devendo-se ter atenção à capacidade de adaptação desses microrganismos ao trato gastrointestinal. Portanto, as estratégias analíticas para monitorar a microbiota viável e sua ação metabólica requerem discussão (TRIPATHI; GIRI, 2014).

5.1. Técnica convencional de cultivo

As técnicas tradicionais para identificação e enumeração de microrganismos em fezes ou em alimentos probióticos envolvem o uso de meios de cultivo, além da confirmação das espécies por meio de testes bioquímicos e/ou sorológicos. Essas são metodologias rotineiras e simples de serem realizadas em laboratórios de microbiologia em todo o mundo, por envolver o crescimento de colônias em ágar nutriente durante um período de incubação da amostra. O método de contagem em placas baseia-se na premissa de que uma única bactéria pode multiplicar e dividir-se para formar uma colônia, e esta amplificação proporciona um elevado nível de sensibilidade com a capacidade de detectar bactérias viáveis (SLIMANI et al., 2012). No entanto, apesar da sua utilização generalizada, não pode ser considerada uma abordagem universal, uma vez que 95% de todas as espécies cultivadas e publicadas pertencem a apenas cinco dos 53 filos bacterianos já reconhecidos (DAVEY, 2011), ou seja, apenas, aproximadamente, 1% dos microrganismos existentes na natureza são passíveis de cultivo em meios de cultura em laboratório.

Nos alimentos probióticos, a presença de células viáveis e ativas é essencial a fim de assegurar os benefícios à saúde do hospedeiro (GUEIMONDE; SALMINEN, 2006; TRIPATHI; GIRI, 2014). Todavia, a viabilidade de microrganismos probióticos pode ser afetada por diversos fatores que resultam de condições de processamento ou armazenamento dos mesmos, como temperatura, pH, oxigênio dissolvido e substâncias antimicrobianas presentes nos alimentos, além de sua resistência ao longo do trato gastrointestinal. Adicionalmente, esses microrganismos podem estar em um estado fisiológico denominado viável, mas não cultivável (*Viable But Non-Culturable* – VBNC), no qual as células sofrem mudanças fisiológicas e morfológicas, que podem proporcionar um fenótipo de resistência, além de perderem a sua capacidade de multiplicar nos meios de cultivo (DAVIS, 2014).

Em concomitância, as formas tradicionais por cultivo apresentam outros inconvenientes, além da não detecção da presença de células VBNC, como o longo tempo gasto para execução das metodologias de contagem em placas de Petri e, também, o imenso trabalho que essas metodologias denotam, tornando-as pouco competitivas no mundo moderno (DAVEY, 2011).

Dessa forma, a morte de uma célula bacteriana que tem sido definida como incapaz de se multiplicar e formar uma colônia visível em meios bacteriológicos não se sustenta se visualizadas células VBNC e variantes, que não serão detectadas pelos métodos tradicionais de cultivo (CATTANI; FERREIRA; OLIVEIRA, 2013).

Uma vez que estados celulares intermediários são difíceis de detectar com o método de plaqueamento tradicional, uma série de metodologias tem sido descritas para permitir essa mensuração. Existem vários indicadores de viabilidade que podem ser avaliados sem a cultura de células. Estes indicadores são baseados, principalmente, na utilização de moléculas fluorescentes, que podem ser detectadas por microscopia de epifluorescência, citometria em estado sólido ou citometria de fluxo (CHEN et al., 2011).

5.2 Citometria de fluxo

A citometria de fluxo é uma técnica empregada para contar, examinar e classificar partículas microscópicas suspensas em meio líquido e apresenta vantagens à técnica tradicional de plaqueamento, pois permite rapidez nas análises e versatilidade de uso por admitir, com o emprego de corantes específicos, a classificação das células microbianas quanto ao estado de viabilidade, incluindo células viáveis, mas não cultiváveis em plaqueamento (PINDER et al., 1990).

O princípio da técnica se dá pela formação de um fluxo fluido com partículas suspensas, sendo essas transpassadas por um feixe de luz (*laser*) de comprimento de onda conhecido. Vários detectores podem ser colocados após a aplicação do *laser* no fluxo analisado a fim de detectar a passagem da luz (*Forward Scatter* ou FSC) e sua reflexão (*Side Scatter* ou SSC), além de um ou mais detectores de fluorescência capazes de identificar corantes de vitalidade especiais. Ao passar pelos detectores, cada partícula apresentará um comportamento distinto ao feixe de luz e será detectada de forma característica pelos sensores que transformarão as informações de dispersão do *laser* em sinais eletrônicos. Os sinais são tratados por “*softwares*” que permitem a confecção de gráficos de distribuição populacional bacteriana. Assim, os citômetros de fluxo são capazes de analisar várias bactérias em cada segundo em tempo real e podem ativamente diferenciá-las, com a ajuda de corantes fluorescentes específicos, como o iodeto de

propídio-IP e o brometo de etídio-BE, quanto ao seu estado de vitalidade, permitindo mensurar a quantidade e o estado vital das bactérias (BUNTHOF; ABEE, 2002; DOHERTY et al., 2010; TAMBURINI et al., 2013).

Além da citometria de fluxo, as técnicas moleculares também podem ser utilizadas para a quantificação e detecção de bactérias.

5.3. Técnicas moleculares utilizadas para caracterização e contagem de bactérias probióticas

Com a utilização de métodos moleculares, a capacidade de detectar e identificar microrganismos, incluindo bactérias probióticas, avançou nos últimos anos, especialmente, após a introdução da Reação de Polimerização em Cadeia (PCR). Várias técnicas de detecção como eletroforese desnaturante (DGGE), PCR em Tempo Real (qPCR), Polimorfismo no Comprimento de Fragmentos de Restrição (T-RFLP) e DNA Polimórfico Amplificado ao Acaso (RAPD) têm sido desenvolvidas com base na PCR (MONTESI et al., 2005).

A utilização das técnicas moleculares possibilitou maior acurácia na identificação de espécies de bactérias probióticas, além do estudo da composição da comunidade microbiana e da avaliação de suas diferentes populações e interações em alimentos (AHLROOS; TYNKKYNEN, 2009).

Procedimentos que envolvem técnicas independentes de cultura, os quais se baseiam, essencialmente, na análise de ácidos nucleicos amplificados por PCR presente na amostra, superam a grande desvantagem de detecção das células não cultiváveis das metodologias de cultura dependentes (LI; HU; ELKINS, 2014).

A possibilidade de diferenciar as estirpes potencialmente probióticas é de grande relevância, uma vez que a capacidade probiótica é dependente da estirpe e, por conseguinte, sua identificação em um alimento é indispensável ao controle de qualidade nas indústrias (KAPKA-SKRZYPCZAK et al., 2012).

A técnica de PCR permite a identificação de microrganismos probióticos e a produção de material genético, quando necessário. Porém, a técnica convencional não é capaz de enumerar os microrganismos, permitindo apenas identificá-los (VAN FRANKENHUYZEN et al., 2011).

Todavia, múltiplas metodologias moleculares desenvolvidas para a análise de DNA e RNA, notadamente utilizando a PCR, vêm sendo desenvolvidas para a análise em microbiologia de alimentos. A PCR tem-se mostrado útil para identificação de espécies bacterianas, sobretudo para aquelas que dependem de uma caracterização fenotípica

laboriosa, como é o caso das estirpes de *Lactobacillus*, pois a técnica pode ser utilizada sem a necessidade do isolamento da bactéria (DUŠKOVÁ et al., 2012).

Entretanto, a PCR convencional não proporciona resultados quantitativos, somente qualitativos baseados na presença ou ausência de amplificação da sequência-alvo após eletroforese em gel de agarose. Por outro lado, a PCR em tempo real ou PCR quantitativa (qPCR) é capaz de monitorar as amplificações ciclo a ciclo por meio de compostos presentes na reação que emitem fluorescência proporcional à quantidade de produto amplificado. Desta forma, é possível quantificar de forma precisa o número exato de moléculas presentes em determinada amostra. Os compostos químicos utilizados na qPCR podem ser divididos em dois grupos: corantes intercalantes de DNA fita dupla, como, por exemplo, o SYBR[®] Green, e sonda com uma sequência específica, como, por exemplo, o sistema TaqMan[®] (DUARY; BATISH; GROVER, 2010; KAUSHIK; BALASUBRAMANIAN, 2013).

Porém, como já discutido, a determinação da viabilidade bacteriana é uma questão basilar para o aproveitamento de ferramentas baseadas em biologia molecular para a detecção de microrganismos em alimentos, principalmente, naqueles que sofrem tratamentos térmicos e ação antimicrobiana (LI; HU; ELKINS, 2014).

A PCR convencional, bem como a qPCR não são capazes de diferenciar DNA oriundo de células mortas daqueles DNAs pertencentes a células viáveis, uma vez que, após a morte celular, o DNA pode continuar íntegro no ambiente. Dessa forma, métodos moleculares baseados na detecção de DNA tendem a superestimar a presença de células viáveis. Para sanar esse problema os agentes intercalantes de DNA, etídio monoazida (EMA) e propídio monoazida (PMA) têm sido associados à técnica de PCR com o objetivo de detectar seletivamente o DNA de células viáveis (NOCKER; CHEUNG; CAMPER, 2006; FLEKNA et al., 2007; HEIN et al., 2007; SLIMANI et al., 2012).

EMA e PMA possuem a capacidade de penetrar na membrana celular comprometida de células mortas e se ligar covalentemente ao DNA após foto-indução do grupo azida, inibindo a sua amplificação por PCR. Por outro lado, o DNA de célula viável não sofre ação do agente intercalante, uma vez que a célula possui membrana celular intacta (NOCKER; CHEUNG; CAMPER, 2006; HEIN et al., 2007; YÁÑEZ et al., 2011).

Esses intercalantes têm se mostrado úteis para caracterização de células viáveis e mortas, tanto de bactérias Gram-positivas quanto de Gram-negativas. No entanto, estudos demonstraram que EMA é um indicador limitado de viabilidade celular, pois é incorporado também em células viáveis, levando à perda substancial de detecção de DNA oriundo de célula viável (LOOZEN et al., 2011; YÁÑEZ et al., 2011).

Portanto, a presença de bactérias cultiváveis e de bactérias que estejam no estado viável, mas não cultivável, pode ser detectada pela qPCR associada ao tratamento com PMA, inibindo a detecção de DNA proveniente de células mortas. Dessa forma, o tratamento com PMA, tem o potencial de limitar a análise do DNA originário somente de células bacterianas com membrana celular intacta. Contudo, a utilização desse intercalante de DNA pode apresentar algumas limitações, como, por exemplo, o tratamento com PMA pode não inibir completamente a amplificação de DNA das células mortas pela PCR, quando as sequências alvo são curtas. Tal limitação pode ser contornada pela utilização de PMA associado a duas etapas de amplificação através de uma nested-PCR. Além disso, um grande número de variáveis deve ser levado em consideração na padronização do tratamento com PMA, tais como: determinação da concentração de PMA, método para obtenção de células mortas, tempo de incubação no escuro, tempo de foto-ativação pela luz halógena e potência da luz halógena. Tais fatores podem ser dependentes da concentração celular utilizada e da espécie microbiana analisada (NOCKER et al., 2007; BAE; WUERTZ, 2009; YÁÑEZ et al., 2011; LIANG; KEELEY, 2012; LI; HU; ELKINS, 2014).

6. Estudos *in vitro* versus estudos *in vivo* e seus desafios para a caracterização da ação de bactérias probióticas

O cólon do intestino humano abriga uma comunidade de populações bacterianas vivas e altamente complexas e essa comunidade pode sofrer modificações com a idade, dieta, uso de medicamento, dentre outros fatores. Estas mudanças são tanto em números relativos de populações como na diversidade de espécies (LIKOTRAFITI et al., 2014). Para se averiguar a capacidade de um alimento veicular bactérias probióticas com consequentes modificações no perfil de microrganismos do trato gastrointestinal, podem-se realizar vários tipos de análises. Essas podem ser ainda categorizadas em dois grandes grupos, *in vivo* e *in vitro*. Ambas as categorias são de difícil condução devido à complexidade populacional envolvida, a poluição de material existente no aparelho digestivo e as condições químicas e enzimáticas do trato gastrointestinal.

As análises *in vitro* acontecem fora dos sistemas vivos e ocorrem no ambiente controlado e fechado de um laboratório. Dentre essas análises cita-se, para o estudo de alimentos probióticos, as condições simuladas do aparelho digestório em que se avaliam a sobrevivência dos microrganismos às condições extremas, por onde passam os alimentos no decorrer da digestão, seguida pela multiplicação dos mesmos após plaqueamento das amostras obtidas. Porém, por vezes, análises *in vitro* são indicativas mas não determinantes, em sua totalidade, da variante em estudo, necessitando resultados de um

experimento obtido em um sistema biológico real (*in vivo*). Experiências com animais e ensaios clínicos são formas de investigação comumente utilizadas no estudo de alimentos probióticos (PAPADIMITRIOU et al., 2015). Entretanto, os ensaios clínicos em humanos são fundamentais para elucidar a segurança e a eficiência de um alimento em carrear bactérias vivas com ação probiótica e a sua capacidade de beneficiar o consumidor (DUNNE et al., 2001; PAPADIMITRIOU et al., 2015).

Dentre as várias características necessárias para um microrganismo ser classificado como probiótico destacam-se: a necessidade de vitalidade ao longo da vida de prateleira do produto alimentício; resistir à ação de antimicrobianos; resistir à acidez estomacal e alcalinidade e ação enzimática intestinal, dentre outras. Essas características podem ser facilmente evidenciadas detectando-se *in vivo* nas fezes de cobaio a quantidade e a vitalidade do microrganismo probiótico ingerido com o alimento funcional (AHLROOS; TYNKKYNNEN, 2009), assim, sua sobrevivência indica a potencialidade do alimento como matriz carreadora da bactéria probiótica estudada.

7. Conclusões e perspectivas

Tradicionalmente, os produtos disponíveis no mercado utilizam como veículos de probióticos os derivados lácteos, cuja matriz é considerada ideal por permitir a viabilidade dos microrganismos no período entre a produção e o consumo. No entanto, os benefícios dessa categoria de alimentos funcionais são limitados aos consumidores veganos, intolerantes à lactose e alérgicos às proteínas do leite. Por outro lado, a indústria de alimentos de origem vegetal no Brasil não conta, atualmente, com essa ferramenta de apelo na comercialização dos seus produtos, o que, de acordo com os resultados obtidos por nosso grupo de pesquisa, é de possível superação, uma vez que constatamos a viabilidade de bactérias probióticas ao longo da vida útil desses alimentos, bem como após a realização de ensaios *in vitro* simulando as condições gastrointestinais humanas e também em ensaios *in vivo* utilizando tanto seres humanos como ratos *Wistar*.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Grupo PET Ciências Agrárias pelo apoio financeiro.

Referências

AHLROOS, T.; TYNKKYNNEN, S. Quantitative strain-specific detection of *Lactobacillus rhamnosus* GG in human faecal samples by real-time PCR. **Journal of applied microbiology**, v. 106, n. 2, p.506-514, 2009.

BAE, S.; WUERTZ, S. Discrimination of viable and dead fecal Bacteroidales bacteria by quantitative PCR with propidium monoazide. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 75, n.9, p.2940-2944, 2009.

BANSAL, S.; MANGAL, M.; SHARMA, S. K.; YADAV, D. N.; GUPTA, R. K. Optimization of process conditions for developing yoghurt like probiotic product from peanut. **LWT - Food Science and Technology**, v. 73, p. 6-12, 2016.

CATTANI, F.; FERREIRA, C. A.; OLIVEIRA, S. D. The detection of viable vegetative cells of *Bacillus sporothermodurans* using propidium monoazide with semi-nested PCR. **Food Microbiology**, v. 34, n. 1, p. 196-201, 2013.

CHEN, S.; FERGUSON, L. R.; SHU, Q.; GARG, S. The application of flow cytometry to the characterization of a probiotic strain *Lactobacillus reuteri* DPC16 and the evaluation of sugar preservatives for its lyophilization. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 9, p. 1873-1879, 2011.

DAVARI, S.; TALAEI, S. A.; ALAEI, H.; SALAMI, M. Probiotics treatment improves diabetes-induced impairment of synaptic activity and cognitive function: behavioral and electrophysiological proofs for microbiome-gut-brain axis. **Neuroscience**, v. 240, p. 287-296, 2013.

DAVEY, H. M. Life, death, and in-between: meanings and methods in microbiology. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 77, n. 16, p. 5571–5576, 2011.

DAVIS, C. Enumeration of probiotic strains: Review of culture-dependent and alternative techniques to quantify viable bacteria. **Journal of Microbiological Methods**, v. 103, p. 9-17, 2014.

DOHERTY, S. B.; WANG, L.; ROSS, R. P.; STANTON, C.; FITZGERALD, G. F.; BRODKORB, A. Use of viability staining in combination with flow cytometry for rapid viability assessment of *Lactobacillus rhamnosus* GG in complex protein matrices. **Journal of Microbiological Methods**, v. 82, n. 3, p. 301-310, 2010.

DORON, S.; SNYDMAN, D. R.; GORBACH, S. *Lactobacillus Lactobacillus* GG: bacteriology and clinical applications. **Gastroenterology Clinics of North America**, v. 34, n. 3, p. 483-498, 2005.

DUARY, R. K.; BATISH, V. K.; GROVER, S. Expression of the *atpD* gene in probiotic *Lactobacillus plantarum* strains under *in vitro* acidic conditions using RT-qPCR. **Research in Microbiology**, v. 161, n. 5, p. 399-405, 2010.

DUNNE, C.; O'MAHONY, L.; MURPHY, L.; THORNTON, G.; MORRISSEY, D.; O'HALLORAN, S.; FEENEY, M. *In vitro* selection criteria for probiotic bacteria of human origin: correlation with *in vivo* findings. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 73, n. 2, p. 386S-392S, 2001.

DUŠKOVÁ, M.; ŠEDO, O.; KŠICOVÁ, K.; ZDRÁHAL, Z.; KARPÍŠKOVÁ, R. Identification of lactobacilli isolated from food by genotypic methods and MALDI-TOF MS. **International Journal of Food Microbiology**, v. 159, n. 2, p. 107-114, 2012.

ESPIRITO SANTO, A. P. do; PEREGO, P.; CONVERTI A.; OLIVEIRA M. N. Influence of food matrices on probiotic viability – A review focusing on the fruity bases. **Trends in Food Science & Technology**, v. 22, n. 7, p. 377-385, 2011.

FOOD AND AGRICULTIVE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS (FAO)/WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Evaluation of Health and Lactic Acid Bacteria**. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, Córdoba, Argentina, 2001/2002.

FERREIRA, C. L. L. F.; SILVA, A. C. Probióticos e prebióticos na saúde da criança. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. (Eds.). **Alimentos Funcionais: Componentes Bioativos e Efeitos Fisiológicos**. Rio de Janeiro: Rubio, 2010. Cap. 6, p. 97-110.

FLEKNA, G.; STEFANIC, P.; WAGNER, M.; SMULDERS, F. J. M.; MOZINA, S. S.; HEIN, I. Insufficient differentiation of live and dead *Campylobacter jejuni* and *Listeria monocytogenes* cells by ethidium monoazide (EMA) compromises EMA/real-time PCR. **Research in Microbiology**, v. 158, n. 5, p. 405–412, 2007.

GUEIMONDE, M.; SALMINEN, S. New methods for selecting and evaluating probiotics. **Digestive and Liver Disease**, v. 38, p. 242-247, 2006.

HEIN, I.; SCHNEEWEISS, W.; STANEK, C.; WAGNER, M. Ethidium monoazide and propidium monoazide for elimination of unspecific DNA background in quantitative

universal real-time PCR. **Journal of Microbiological Methods**, v. 71, n. 3, p. 336-339, 2007.

KANKAINEN, M.; PAULIN, L.; TYNKKYNNEN, S.; von OSSOWSKI, I.; REUNANEN, J.; PARTANEN, P. Comparative genomic analysis of *Lactobacillus rhamnosus* GG reveals pili containing a human- mucus binding protein. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106, n. 40, p. 17193-17198, 2009.

KAPKA-SKRZYPCZAK, L.; NIEDŹWIECKA, J.; WOJTYŁA, A.; KRUSZEWSKI, M. Probiotics and prebiotics as a bioactive component of functional food. **Pediatric Endocrinology, Diabetes, and Metabolism**, v. 18, n. 2, p. 79-83, 2012.

KAUSHIK, R.; BALASUBRAMANIAN, R. Discrimination of viable from non-viable Gram-negative bacteria pathogens in airborne particles using propidium monoazide-assisted qPCR. **The Science of the Total Environment**, v. 449, p. 237-243, 2013.

KIRK, O.; BORCHERT, T. V.; FUGLSANG, C. C. Industrial enzyme applications. Current Opinion in Biotechnology. **Journal of Comercial Niotechnology** v. 13, n. 4, p. 345-351, 2002.

LAM, E. K. Y.; TAI, E. K. K.; KOO, M. W. L.; WONG, H. P. S.; WU, W. K. K.; YU, L.; CHO, C. H. Enhancement of gastric mucosal integrity by *Lactobacillus rhamnosus* GG. **Life Sciences**, v. 80, n. 23, p. 2128-2136, 2007.

LEBEER, S.; CLAES, I.; TYTGAT, H. L.; VERHOEVEN, T. L.; MARIEN, E.; von OSSOWSKI, I.; REUNANEN, J.; PALVA, A.; VOS, W. M.; KEERSMAECKER, S. C.; VANDERLEYDEN, J. Functional analysis of *Lactobacillus rhamnosus* GG pili in relation to adhesion and immunomodulatory interactions with intestinal epithelial cells. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, n. 1, p. 185-193, 2012.

LI, B.; HU, Z.; ELKINS, C. A. Detection of live *Escherichia coli* O157:H7 cells by PMA-qPCR. **Journal of Visualized Experiments: JoVE**, v. 1, n. 84, p. e50967, 2014.

LIANG, Z.; KEELEY, A. Comparison of propidium monoazide-quantitative PCR and reverse transcription quantitative PCR for viability detection of fresh *Cryptosporidium* oocysts following disinfection and after long-term storage in water samples. **Water Research**, v. 46, n. 18, p. 5941-5953, 2012.

LIKOTRAFITI, E.; TUOHY, K. M.; GIBSON, G. R.; RASTALL, R. A. An *in vitro* study of the effect of probiotics, prebiotics and synbiotics on the elderly faecal microbiota. **Anaerobe**, v. 27, p. 50-55, 2014.

LIMA, C. P.; CUNICO, M. M.; MIYAZAKI, C. M. S.; MIGUEL, O. G.; CÔCCO, L. C.; YAMAMOTO, C. I.; MIGUEL, M. D. Conteúdo polifenólico e atividade antioxidante dos frutos da palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Martius). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 321-326, 2012.

LOOZEN, G.; BOON, N.; PAUWELS, M.; QUIRYNEN, M.; TEUGHEL, W. Live/dead real-time polymerase chain reaction to assess new therapies against dental plaque-related pathologies. **Molecular Oral microbiology**, v. 26, n. 4, p. 253-261, 2011.

MARTINS, E. M. F.; RAMOS, A. M.; MARTINS, M. L.; LEITE JÚNIOR, B. R. C. Fruit salad as a new vehicle for probiotic bacteria. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 3, p. 540-548, 2016.

MARTINS, E. M. F.; RAMOS, A. M.; MARTINS, M. L.; RODRIGUES, M. Z. Research and Development of Probiotic Products from Vegetable Bases: A New Alternative for Consuming Functional Food. In: RAI, V. R.; BAI, J. A. (Eds.). **Beneficial Microbes in Fermented and Functional Foods**. Boca Raton, London: CRC Press. p. 207-223, 2015.

MARTINS, E. M. F.; RAMOS, A. M.; VANZELA, E. S. L.; STRINGHETA, P. C.; PINTO, C. L. de O.; MARTINS, J. M. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. **Food Research International**, n. 51, p. 764-770, 2013.

MONTESI, A.; GARCÍA-ALBIACH, R.; POZUELO, M. J.; PINTADO, C.; GOÑI, I.; ROTGER, R. Molecular and microbiological analysis of caecal microbiota in rats fed with diets supplemented either with prebiotics or probiotics. **International Journal of Food Microbiology**, v. 98, n. 3, p. 281-289, 2005.

MOREIRA, R. M.; MARTINS, M. L.; LEITE JÚNIOR, B. R. C.; MARTINS, E. M. F.; RAMOS, A. M.; CRISTIANINI, M.; CAMPOS, A. N. R.; STRINGHETA, P. C.; SILVA, V. R. O.; CANUTO, J. W.; OLIVEIRA, D. C.; PEREIRA, D. C. S. Development of a juçara and Uba mango juice mixture with added *Lactobacillus rhamnosus* GG processed by high pressure. **LWT - Food Science and Technology**, v. 77, p. 259-268, 2017.

NOCKER, A.; SOSSA-FERNANDEZ, P.; BURR, M. D.; CAMPER, A. K. Use of propidium monoazide for live/dead distinction in microbial ecology. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 73, n. 16, p. 5111-5117, 2007.

NOCKER, A.; CHEUNG, C. Y.; CAMPER, A. K. Comparison of propidium monoazide with ethidium monoazide for differentiation of live vs. dead bacteria by selective removal of DNA from dead cells. **Journal of microbiological methods**, v. 67, n. 2, p. 310–320, 2006.

OLIVEIRA, P. M. de; LEITE JÚNIOR, B. R. C.; MARTINS, M. L.; MARTINS E. M. F.; RAMOS, A. M. Minimally processed yellow melon enriched with probiotic bacteria **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 5, p. 2415–2426, 2014.

OLIVEIRA JUNIOR, C. J. F. de; NEVES, Y. T. R. das; JUNQUEIRA, P. S. População caiçara, Mata Atlântica e situação atual do palmito-juçara (*Euterpe edulis* Martius) na região do Rio Una da Aldeia (Iguape-SP), entorno da Estação Ecológica Jureia-Itatins. **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, p. 1065–1073, 2010.

PAPADIMITRIOU, K.; ZOUMPOPOULOU, B.; ALEXANDRAKI, V.; KAZOU, M.; POT, B.; TSAKALIDOU, E. Discovering probiotic microorganisms: *in vitro*, *in vivo*, genetic and omics approaches. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, p. 1-28, 2015.

PATEL, R. M.; DENNING, P. W. Therapeutic use of prebiotics, probiotics, and postbiotics to prevent necrotizing enterocolitis. What is the current evidence? **Clinics in Perinatology**, v. 40, n. 1, p. 11-25, 2013.

PINDER, A. C.; PURDY, P. W.; POULTER, S. A.; CLARK, D. C. Validation of flow cytometry for rapid enumeration of bacterial concentrations in pure cultures. **The Journal of applied bacteriology**, v. 69, n. 1, p. 92–100, 1990.

RAY, S.; DASGUPTA, A. K. Probiotics as cheater cells: Parameter space clustering for individualized prescription. **Journal of theoretical biology**, v. 361C, p. 165-174, 2014.

REALE, A.; DI RENZO, T.; ROSSI, F.; ZOTTA, T.; IACUMIN, L.; PREZIUSO, M.; COPPOLA, R. Tolerance of *Lactobacillus casei*, *L. paracasei* and *L. rhamnosus* strains to stress factors encountered in food processing and in the gastro-intestinal tract. **LWT - Food Science and Technology**, v. 60, p. 721-728, 2014.

SATO, H.; TORIMURA, M.; KITAHARA, M.; OHKUMA, M.; HOTTA, Y.; TAMURA, H. Characterization of the *Lactobacillus casei* group based on the profiling of ribosomal proteins coded in *S10-spc-alpha* operons as observed by MALDI-TOF MS. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 35, n. 7, p. 447-454, 2012.

SHORI, A. B. Influence of food matrix on the viability of probiotic bacteria: A review based on dairy and non-dairy beverages. **Food Bioscience**, v. 13, p. 1-8, 2016.

SILVA, M.; JACOBUS, N. V.; DENEKE, C.; GORBACHL, S. L. Antimicrobial substance from a human *Lactobacillus* strain. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 31, n. 8, p. 1231-1233, 1987.

SLIMANI, S.; ROBYNS, A.; JARRAUD, S.; MOLMERET, M.; DUSSERRE, E.; MAZURE, C.; GINEVRA, C. Evaluation of propidium monoazide (PMA) treatment directly on membrane filter for the enumeration of viable but non cultivable *Legionella* by qPCR. **Journal of Microbiological Methods**, v. 88, n. 2, p. 319-321, 2012.

SOUZA, F. S.; COCCO, R. R.; SARNI, R. O. S.; MALLOZI, M. C.; SOLÉ, D. Prebióticos, probióticos e simbióticos na prevenção e tratamento das doenças alérgicas. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 28, n. 1, p. 86-97, 2010.

TAMBURINI, S.; BALLARINI, A.; FERRENTINO, G.; MORO, A.; FOLADORI, P.; SPILIMBERGO, S.; JOUSSON, O. Comparison of quantitative PCR and flow cytometry as cellular viability methods to study bacterial membrane permeabilization following supercritical CO₂ treatment. **Microbiology**, v. 159, p. 1056-1066, 2013.

TIRLONI, E.; CATTANEO, P.; RIPAMONTI, B.; AGAZZI, A.; BERSANI, C.; STELLA, S. *In vitro* evaluation of *Lactobacillus animalis* SB310, *Lactobacillus paracasei* subsp. *paracasei* SB137 and their mixtures as potential bioprotective agents for raw meat. **Food Control**, v. 41, p. 63-68, 2014.

TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v. 9, p. 225-241, 2014.

VAN FRANKENHUYZEN, J. K.; TREVORS, J. T.; LEE, H.; FLEMMING, C. A.; HABASH, M. B. Molecular pathogen detection in biosolids with a focus on quantitative PCR using propidium monoazide for viable cell enumeration. **Journal of Microbiological Methods**, v. 87, n. 3, p. 263-72, 2011.

WANG, X.; WANG, S.; CAI, Z. The latest developments and applications of mass spectrometry in food-safety and quality analysis. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 52, p. 170-185, 2013.

YÁÑEZ, M. A.; NOCKER, A.; SORIA-SORIA, E.; MÚRTULA, R.; MARTÍNEZ, L.; CATALÁN, V. Quantification of viable *Legionella pneumophila* cells using propidium monoazide combined with quantitative PCR. **Journal of Microbiological Methods**, v. 85, n. 2, p. 124-130, 2011.

YANG, H.; HEWES, D.; SALAHEEN, S.; FEDERMAN, C.; BISWAS, D. Effects of blackberry juice on growth inhibition of foodborne pathogens and growth promotion of *Lactobacillus*. **Food Control**, v. 37, p. 15-20, 2014.

ZHU, Y.; LUO, T. M.; JOBIN, C.; YOUNG, H. A. Gut microbiota and probiotics in colon tumorigenesis. **Cancer Letters**, v. 309, n. 2, p. 119–127, 2011.

CAPÍTULO 7- FERRAMENTAS TÁCTEIS NO ENSINO DE MATEMÁTICA PARA UM ESTUDANTE CEGO: UMA EXPERIÊNCIA NO *CAMPUS* RIO POMBA

Felipe Almeida de Mello
Jaciene Lara de Paula Caetano
Liliane Antonow Martinez
Paula Reis de Miranda

1. Introdução

A Declaração Universal dos Direitos Humanos, promulgada no século XVIII como resultado da Revolução Francesa e adaptada em Assembleia Geral das Nações Unidas em 1948, assegura a todo ser humano igualdade de valor e reconhece que cada pessoa na sociedade em que vive tem o direito ao desenvolvimento integral de sua capacidade cognitiva, personalidade e participação em sociedade (ARZABE; GRACIANO, 1998). Entretanto, muitos grupos ficam à margem do processo social e político, pois nem sempre o fator igualdade parece ser válido a todos. Constantemente pobres, negros, analfabetos, mulheres, pessoas com deficiências, dentre outros, estão em constante luta pelos seus direitos, para que o direito de se ter direitos torne-se uma realidade.

Essa luta, por sua vez, está de certa forma vinculada ao processo educacional dos sujeitos, já que esse processo pode ser visto como um facilitador, ou não, das relações sociais entre diferentes grupos e indivíduos, visto que um dos primeiros contatos desses com pessoas externas ao círculo familiar ocorrem na escola. É na instituição escolar que o indivíduo desenvolve características subjetivas a nossa espécie, isso porque “o desenvolvimento da subjetividade ocorre pelo intercâmbio contínuo entre o interno e o externo” (SILVA, 2009, p.170), estando justamente ligada a sua gênese nas relações sociais e por isso o direito à educação torna-se essencial para o desenvolvimento do ser e da sociedade como um todo.

No Brasil, a educação é um direito garantido desde a Constituição de 1988 que traz em seu art. 205: “a educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.” (BRASIL, 2015, p.121). E, em consequência, as instituições públicas de ensino regular têm o dever de atender os alunos com necessidades educacionais especiais (NEEs).

O termo NEE se refere “a crianças e jovens cujas necessidades decorrem de sua elevada capacidade ou de suas dificuldades para aprender. Está associada, portanto, a

dificuldades de aprendizagem, não necessariamente vinculada a deficiência(s)” (BRASIL, 1998, p. 23). Nesse sentido, é garantido, pelo art. 208, inciso III: “atendimento educacional especializado aos portadores de deficiência, preferencialmente na rede regular de ensino” (*Idem*, p. 121).

A partir da compreensão e legitimação do direito à educação, as instituições escolares passaram a receber uma diversidade de alunos, e, dentre esses, uma quantidade significativa de alunos com necessidades especiais de diferentes especificidades como: auditiva, cognitiva, visual, física, dentre outras.

Segundo a política nacional para Educação Inclusiva (BRASIL, 2008) um estudante com NEE é um cidadão com potencial para aprendizagem como qualquer outro aluno, cabendo à instituição escolar explorar sua potencialidade e ao professor incluir esse aluno, em seu sentido mais amplo: incluir não apenas socialmente, mas como um todo, integrando conhecimento, aprendizado e ensino. Porém, a construção do conhecimento pode tornar-se complexa dependendo da necessidade educacional desse aluno e, por vezes, mais difícil ao se tratar de conteúdos mais elaborados, como aqueles presentes no Ensino Superior, em que as várias áreas do conhecimento são exploradas muito além do que aquelas já aprendidas e sabidas na Educação Básica.

Nesse cenário de inclusão e adaptação, no ano de 2015 o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – *campus* Rio Pomba teve conhecimento, pelos documentos da Comissão de Processos Seletivos (COPESE), que um aluno com deficiência visual, neste caso cego¹, havia ingressado no curso de Bacharelado em Administração, sendo esse, o primeiro aluno cego no Ensino Superior da instituição. A seguir apresentaremos detalhadamente esse contexto.

2. O contexto

O curso de Bacharelado em Administração do *campus* Rio Pomba além de suas disciplinas específicas da área de ciências sociais engloba também disciplinas da área de ciências exatas, trazendo em sua matriz curricular as disciplinas de Fundamentos de Cálculo (33h), Cálculo Diferencial e Integral I (66h), Estatística e Probabilidade (66) e Matemática Financeira (66h) ².

Para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem do aluno com deficiência visual no curso de Administração, a instituição recorreu ao Núcleo de Acompanhamento às

¹ Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais: Adaptações Curriculares (BRASIL, 1998) - PCNs, a cegueira sob o enfoque educacional representa a perda total ou o resíduo mínimo da visão que leva o indivíduo a necessitar do método Braille como meio de escrita e leitura, além de outros recursos didáticos e equipamentos especiais para a sua educação.

² A matriz curricular do curso encontra-se disponível em: https://sistemas.riopomba.ifsudestemg.edu.br/cgg/Siscgg/Cgg/Up_Downloads/PPC_Administracao_2013_ID_0000000132_1.pdf

Pessoas com Necessidades Específicas³ (NAPNE) e ao Departamento Acadêmico de Ciências Gerenciais do *campus* Rio Pomba.

É importante destacar que o NAPNE, desde a sua criação em 2008, tem como objetivo principal criar na instituição a cultura da “educação para a convivência” (BRASIL, 2011, p. 51), que busca a aceitação da diversidade e, principalmente, a quebra de barreiras arquitetônicas, educacionais, de comunicação e atitudinais. É função desse órgão sugerir ideias, apresentar demandas e propostas para a promoção do desenvolvimento social e cognitivo dos discentes com necessidades especiais, além de estratégias que facilitem o acesso ao conhecimento e aprendizagens desses estudantes.

Como proposta de auxílio à aprendizagem do estudante foram-lhe disponibilizados um gravador de voz, um notebook, um novo reglete e um aluno/monitor para atendimento em classe e em horários extraclasse.

Todavia, percebeu-se que apesar dessas ferramentas, o estudante apresentava grande dificuldade em acompanhar as aulas da disciplina de Fundamentos do Cálculo. Sabe-se que muitos alunos necessitam de apoio, que vai além da sala de aula, para o estudo das ciências exatas (CORREA; MACLEAN, 1999; D'AMBRÓSIO, 2001), e isso pode se agravar no caso de um estudante cego, pois a visão é um dos sentidos pelo qual recebemos grande parte das informações e estímulos (MOLOSSI; MENESTRINA; MANDLER, 2014) e inúmeros conceitos matemáticos são visuais, principalmente, o que trata do estudo de funções e seus gráficos.

Diante das dificuldades comuns a vários estudantes para aprendizagem do conhecimento matemático (CORREA; MACLEAN, 1999; D'AMBRÓSIO, 2002), o NAPNE e o Departamento Acadêmico de Matemática, Física e Estatística (DMAFE) estruturaram, no segundo semestre de 2015, o projeto de extensão “Matemática para além da visão” que teve como objetivo auxiliar e promover o ensino da disciplina de Fundamentos de Cálculo para o estudante cego.

Entretanto, na execução desse projeto percebeu-se que a prática de ensino da Matemática necessitava estar aliada à pesquisa em Educação Matemática, uma vez que eram poucos os materiais encontrados sobre o ensino de Matemática para estudantes cegos e muito mais raros aqueles destinados ao ensino de funções no Ensino Superior (FERNANDES; HEALY, 2009).

Percebeu-se então que não bastavam os conhecimentos adquiridos durante o curso de Licenciatura em Matemática para ensinar de forma eficaz a esse aprendiz.

³ Hoje em dia a literatura de Educação Inclusiva utiliza-se do termo “pessoas com necessidades especiais”, porém o órgão em questão ainda mantém a terminologia “pessoas com necessidades específicas”.

Professores e alunos precisavam aprender a aprender “sem ver” para assim ensinar àquele que não via. A partir dessa percepção, no primeiro semestre de 2016, com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), foi proposto e aprovado um projeto de iniciação científica para investigar as possibilidades e os limites do ensino e aprendizagem de conhecimentos matemáticos para alunos cegos, em especial do conteúdo de funções nas disciplinas de Fundamentos de Cálculo e Cálculo Diferencial e Integral. Neste texto, buscar-se-á relatar alguns dos estudos e produções realizadas a partir dessa investigação.

3. Metodologia

A investigação trata-se de uma pesquisa qualitativa em Educação Matemática (BORBA; ARAÚJO, 2006) que tem embasamento no estudo de caso (GIL, 1988) de um aluno cego nas atividades da disciplina de Fundamentos do Cálculo. A intervenção dos pesquisadores está estruturada nas ideias da pesquisa-ação (FIORENTINI; LORENZATO, 2012), pois eles se introduziram no ambiente a ser estudado, não apenas para observá-lo e compreendê-lo, mas, sobretudo, para mudá-lo em direções que permitissem a melhoria das práticas e a maior liberdade de ação e de aprendizagem do participante, neste caso, o aluno cego.

No desenvolvimento da pesquisa-ação foi proposto o acompanhamento do projeto “Matemática para Além da Visão”, com encontros semanais, com duração de duas horas, em horário contra turno, com participação de pesquisadores e estudante. Além dos encontros de acompanhamento, semanalmente, os estudantes monitores realizavam reuniões de estudo de textos de Educação Matemática, de preparação e avaliação das atividades realizadas. No decorrer da pesquisa, além do estudo de vasto referencial teórico (BRASIL, 1998; BRASIL, 2008; FERRONATO, 2002; FERNANDES; HEALY 2009), os pesquisadores utilizaram-se de diário de campo, gravador de áudio e câmera digital para captação de imagens e sons, para auxiliar na compreensão do caso e na ampliação das discussões (TURA, 2011).

Logo no início do trabalho de acompanhamento e coleta de dados, pode-se traçar uma caracterização do estudante: ele possuía 28 anos, começara sua vida escolar aos 13 anos, em escola especial, onde aprendeu Braille e frequentou o Ensino Médio em modalidade regular com o uso de poucas ferramentas tácteis durante seu aprendizado. A partir dessas descobertas, vimos no acompanhamento semanal do estudante uma oportunidade para criar, recriar e avaliar ferramentas de aprendizagem dos conhecimentos matemáticos.

4. Ferramentas de aprendizagem para alunos cegos

As ferramentas tácteis são um dos recursos que deve ser adaptado às necessidades específicas dos educandos, pois no processo ensino aprendizagem torna-se essencial a estimulação de um dos principais canais de exploração do aprendiz com deficiência visual – o tato (FERNANDES; HEALY, 2009). O educando sem acuidade visual lê o mundo (FREIRE, 1967; FREIRE, 1974/2014) por outro sentido: utiliza-se do tato, explorando e conhecendo através das mãos. Assim, alguns materiais são indispensáveis, mas não suficientes, para o processo de ensino e aprendizagem dos educandos cegos, tais como reglete, punção e textos transcritos em Braille (SEGADAS et al., 2015). Porém, torna-se imprescindível a utilização de outros recursos didáticos.

Segundo Cerqueira e Ferreira (2000, p. 01) os recursos didáticos são: “(...) todos os recursos físicos utilizados com maior ou menor frequência em todas as disciplinas, áreas de estudo ou atividades que visam auxiliar o educando a realizar sua aprendizagem de maneira mais eficaz...”.

Os materiais didáticos utilizados e construídos durante a pesquisa buscaram respeitar alguns critérios de eficiência:

- Tamanho: cuidado com materiais excessivamente pequenos que não ressaltam detalhes ou que sejam facilmente perdidos;
- Significação Tátil: o material precisa ter um relevo perceptível;
- Aceitação: cuidado com materiais que ferem ou irritam a pele;
- Fidelidade: o material deve representar com máxima exatidão o modelo original;
- Facilidade de Manuseio: o material deve proporcionar ao aluno uma utilização prática;
- Resistência: a confecção deve ser feita com materiais que não estraguem facilmente devido ao frequente manuseio pelos alunos
- Segurança: não deve oferecer perigo aos alunos. (CERQUEIRA ; FERREIRA, 2000, p. 26).

Nesta seção serão apresentados os materiais didáticos usados para o ensino de conteúdos matemáticos das disciplinas de Fundamentos de Cálculo e Cálculo Diferencial e Integral para um estudante cego. Algumas das ferramentas são comercializadas, outras são adaptações de materiais advindos do conhecimento adquiridos com a participação dos pesquisadores em oficinas e encontros científicos de educação matemática e outras ferramentas didáticas são construções inovadoras dos pesquisadores. Essas construções são estimuladas a partir dos PCNs (BRASIL, 1998), pois, desde o século passado, são conhecidas possibilidades de construção de ferramentas de fácil reprodução e baixo custo, bem como é conhecida a realidade de inúmeras instituições escolares que apresentam falta de recursos financeiros, não podendo assim adquirir ferramentas tecnológicas ou industrializadas para a inclusão de seus alunos.

4.1 Reglete e punção

Para que o aluno cego possa escrever em Braille em uma folha de papel, são utilizadas uma reglete e uma punção. A reglete tem o formato de uma régua dupla, que abre e fecha com apoio de dobradiças no campo esquerdo, cuja abertura é destinada ao papel sendo fixado entre a régua superior e inferior, possuindo diversos tamanhos e formatos. A punção é um instrumento de escrita feito de uma parte pontiaguda capaz de deformar uma folha de papel através da marcação de pontos. A escrita em Braille com a reglete e a punção é executada no sentido inverso da leitura, isto é, da direita para a esquerda. (SEGADAS et al., 2015).



Figura 1 - Educando utilizando a escrita Braille

Fonte: Acervo dos autores

4.2 Multiplano

O Multiplano é uma ferramenta criada pelo professor Rubens Ferronato em 2000 que, diante das dificuldades enfrentadas ao ensinar conteúdos matemáticos a um aluno cego, sentiu-se desafiado a pensar e a elaborar uma ferramenta capaz de suprir as necessidades desse aluno (FERRONATO, 2002). Desde então, a ferramenta foi sendo aprimorada e, hoje, é comercializada para uso de alunos com ou sem acuidade visual.

O material consiste em uma placa perfurada de linhas e colunas perpendiculares com furos equidistantes que servem para encaixar pinos que apresentam identificação de números, sinais e símbolos matemáticos tanto em Braille, quanto em algarismos indo-arábicos (*Idem*), facilitando a leitura do educando e do professor sem que esse necessite conhecer o Braille.



Figura 2 - Representação gráfica de uma função
Fonte: Acervo dos autores

O Multiplano possibilita trabalhar com vários conteúdos matemáticos, pois

(...) o ensino da matemática é facilitado com o uso do material, independente de o aluno enxergar ou não, uma vez que pode observar concretamente os *fenômenos (grifo do autor)* matemáticos e, por conseguinte, tem a possibilidade de realmente aprender, entendendo todo o processo e não simplesmente decorando regras isoladas e aparentemente inexplicáveis (FERRONATO, 2002, p. 59).

4.3 Sistema operacional DOSVOX

O DOSVOX é um sistema operacional gratuito, desenvolvido pelo professor Antônio dos Santos Borges, do Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que funciona em segundo plano no sistema operacional do computador e permite o acesso ao computador pelo usuário cego por meio de um fundamento básico: um retorno sonoro feito através de um sintetizador de voz. O sistema DOSVOX⁴ é composto, atualmente, por mais de 80 programas e continua em aperfeiçoamento (SEGADAS et al., 2015).

4.4 Ficha triângulos com palitos

⁴ Sistema disponível em <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/download.htm>

Essa ferramenta foi adaptada do Projeto Fundação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (*Idem*). O intuito dessa ferramenta é o de registrar regularidades, padrões ou leis de formação de uma sequência obtida através da percepção tátil, utilizando variáveis para generalizar padrões numéricos construídos indutivamente (*Ibidem*). Em nosso trabalho, a

ferramenta foi usada com o objetivo de que o aluno descobrisse padrões e generalizações sobre o conteúdo da função afim e da construção sequencial dos triângulos.

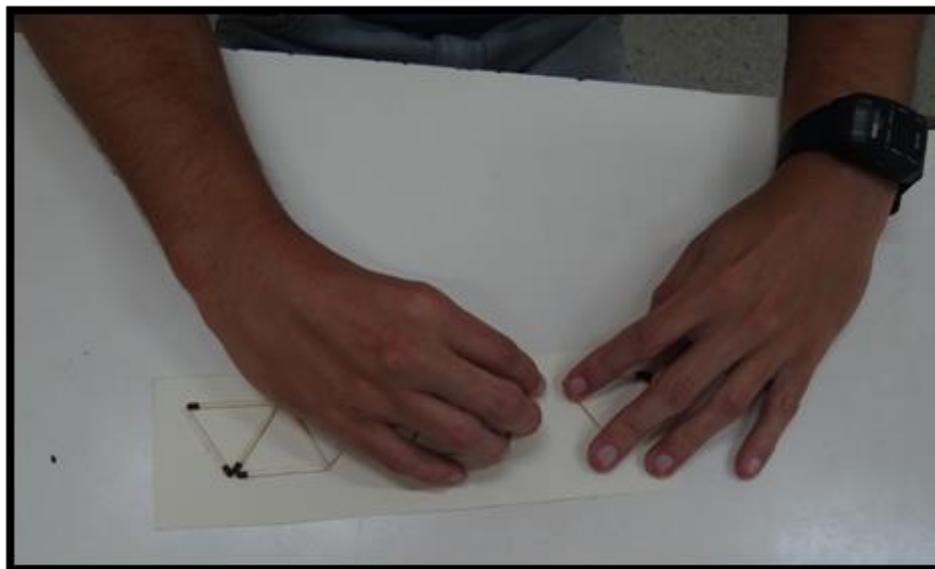


Figura 4 - Representação gráfica de uma função
Fonte: Acervo dos autores

Figura 4 - Atividade da lei de formação de triângulos
Fonte: Acervo dos autores

O aluno recebera uma ficha com três palitos colados, formando um triângulo e uma caixa de palitos fósforos para que ele construísse uma sequência de triângulos unidos ao primeiro. A cada construção ele observaria, registraria e investigaria o número de triângulos formados (variável x) e sua relação com o total de palitos utilizados (valor numérico variável x e $f(x) = y$), construindo seus conceitos sobre função afim, seu valor numérico e sua lei de formação.

4.5 ConjunTáctil

A elaboração da ferramenta ConjunTáctil (MELLO; MIRANDA, 2016) foi realizada pela equipe de pesquisadores, diante das dificuldades apresentadas pelo estudante durante as aulas expositivas sobre o conceito de funções. Essa construção teve o intuito de promover o conhecimento da definição de função, domínio, imagem e contradomínio por meio das relações entre conjuntos.

A confecção da ferramenta é de simples execução, mas deve-se ter cuidado na escolha dos materiais, pois esses precisam ser sentidos, para não dizer vistos (FERNANDES; HEALY, 2009), pelo tato do aluno. Na confecção da ferramenta, os elementos dos conjuntos foram elaborados com lixas de madeira. Os conjuntos devem ser cortados de forma padronizada para que o estudante os reconheça e compreenda sua

relação de pertencimento e de correspondência. Já as linhas de correspondências foram indicadas por palitos de fósforos. Elas devem estar junto aos elementos nos dois conjuntos e sua direção deve ser precisa.

Esse cuidado especial na confecção do material se deve ao fato de que qualquer diferença no tamanho, posição ou direção do instrumento pode prejudicar a compreensão do aluno, pois seu canal de aprendizado durante a utilização desse material é especialmente o tato.

Vale ainda ressaltar que a ferramenta táctil aqui apresentada pode ser adaptada para o trabalho com funções injetora, sobrejetora e bijetora, bem como a intuição de função inversa e de função composta.

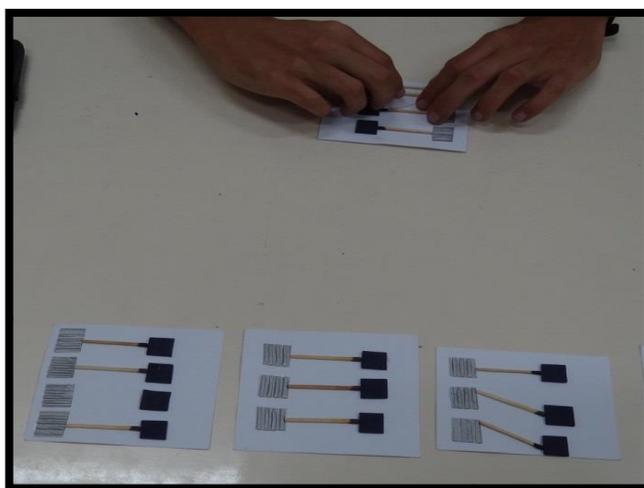


Figura 5 - Aluno reconhecendo o ConjunTáctil
Fonte: Acervo dos autores

4.6 Caixa algébrica

Diante das dificuldades em compreender a lei de formação de uma função afim e seu valor numérico, Imagem e Domínio, foi confeccionada a ferramenta “Caixa algébrica”.

Para a confecção da ferramenta foi necessário: E.V.A., papel cartão, caixas de fósforos e dois tipos de pinos para que o aluno pudesse contar, de maneira diferenciada, números negativos e positivos. Para atender às necessidades específicas do aluno foi utilizada a escrita Braille para nomear a função $[f(x)]$, os coeficientes (a - angular) e (b - linear) e a variável (x), como se vê na figura 5:

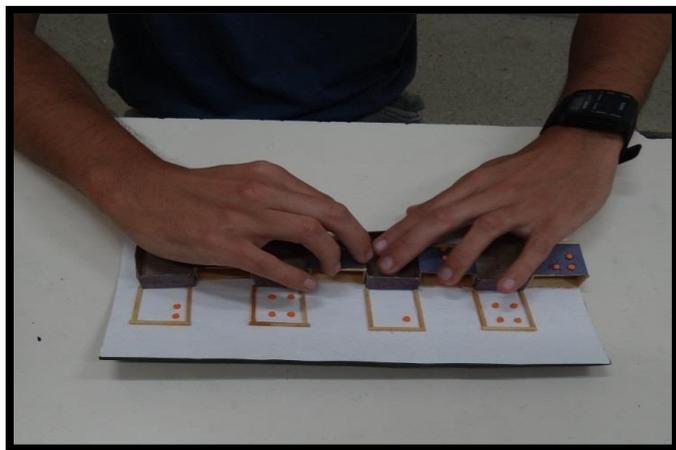


Figura 6 - Educando utiliza o Caixa Algébrica
Fonte: Acervo dos autores

Nessa ferramenta, a primeira caixa de fósforos corresponde a $f(x)$, onde a variável x pode ser substituída por uma quantidade qualquer de pinos, permitindo ao professor trabalhar os valores numéricos de uma função afim. Na segunda caixa de fósforos o professor pode fixar com pinos o coeficiente angular da função $f(x)$ e, na caixa a seguir, caberá ao aluno preencher o valor de x com a mesma quantidade de pinos utilizada na primeira caixa. Por último, na quarta caixinha, o professor pode fixar o valor do coeficiente linear da função. Após o preenchimento das caixinhas com pinos, o aluno tem como tarefa calcular o valor numérico da função, operando com os pinos. Na imagem a seguir, o aluno estava calculando o valor de $f(3)$ na função $f(x) = -2x+1$.

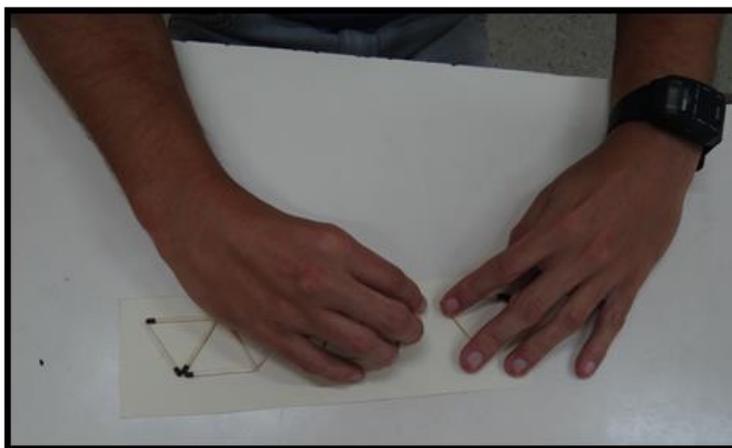


Figura 7 - Aluno manipulando a ferramenta
Fonte: Acervo dos autores

4.7 Fichas em alto relevo

Esse material foi elaborado para o trabalho com os conteúdos de funções quadráticas e a introdução à posição relativa de retas a uma circunferência. As fichas em alto relevo foram confeccionadas com papel cartão, barbante e papel ondulado.

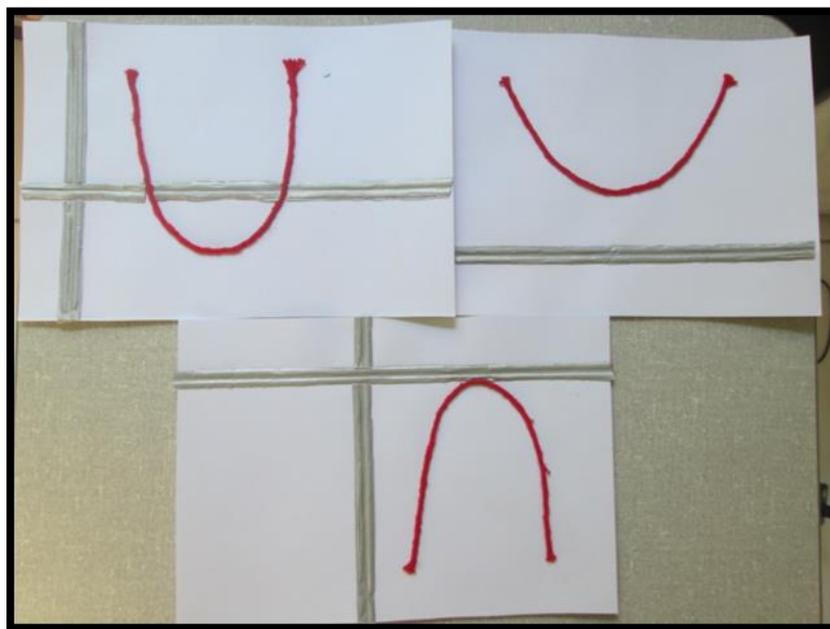


Figura 8 - Fichas em alto relevo
Fonte: Acervo dos autores

Cabe ressaltar a importância dessa ferramenta para o aluno cego, visto que com o material em alto relevo, o aluno tem a possibilidade de tocar a ferramenta e construir seu próprio conhecimento e conceito de gráficos de funções quadráticas, identificando onde se encontram as raízes, a quantidade de raízes existentes e também a inexistência delas no conjunto dos números reais. Essa ferramenta pode ser utilizada para alunos videntes e não videntes, pois a compreensão dos gráficos de funções é extremamente visual, podendo-se alternar esse sentido utilizando-se do tato como uma alternativa que permita ao aluno sentir, tocar e, se possível, ver o comportamento dos gráficos de uma função quadrática e, assim, ampliar sua apropriação sobre esse conhecimento.

A partir da utilização e do estudo dessas ferramentas, foi possível lançar um novo olhar sobre os limites e possibilidades do ensino e da aprendizagem de tópicos de Fundamentos de Cálculo para um estudante cego.

5. Os limites e as possibilidades

Em primeiro encontro com o estudante cego, foi dada a disciplina de Fundamentos de Cálculo, definindo plano cartesiano, seus quadrantes, valores das abscissas e ordenadas e a determinação de pontos. Como ferramenta mediadora, utilizou-

se o Multiplano, uma ferramenta tátil que permite ao aluno construir gráficos, manipulação aritmética e algébrica, dentre outros entes matemáticos.

Com a explicação desse conteúdo, o aluno recordou-se dos temas aprendidos no Ensino Médio. Ele relatou que em muito dos conteúdos estudados em Matemática não foi estimulado o tato. Fernandes e Healy (2009) descrevem que um dos principais canais de aprendizado do aluno sem acuidade visual é o sistema háptico (tato ativo) e esse deve ser estimulado continuamente. Logo, como uma das principais ferramentas de ensino e aprendizagem para o aluno vidente é a lousa e o giz, as ferramentas tácteis o são para os alunos sem acuidade visual ou com baixa visão.

Em encontros posteriores ao trabalhar com o Multiplano, o aluno apresentou algumas dificuldades em relação à posição e ao manuseio da ferramenta. A partir dessas dificuldades passou-se a perceber que tudo que era novo deveria ser antes explorado pelo estudante para assim ser reconhecido por ele, e, posteriormente apropriado. Vale ressaltar que os pesquisadores também tiveram certas dificuldades com a utilização da ferramenta, pois, por ser uma ferramenta nova e não utilizada até então no *campus*, os pesquisadores tiveram que estudá-la e descobrir suas diferentes formas de aplicação no ensino de Matemática.

Após alguns encontros, percebeu-se que o aluno ainda encontrava algumas barreiras para determinar os pontos com coordenadas negativas no plano cartesiano. Observou-se também que, à medida que os conteúdos matemáticos trabalhados iam crescendo, em quantidade e variedade, o estudante apresentava-se confuso diante de tantos conteúdos e conceitos. Para trabalhar tal limitação, optou-se por retomar diariamente uma atividade com pontos negativos e com o tema da aula anterior logo no início de cada encontro. A partir dessa intervenção, observou-se que o aluno apresentava maior familiaridade com o plano, os pontos e os números negativos.

Ao prosseguir com a ementa da disciplina de Fundamentos de Cálculo, chegou-se ao tópico de manipulação e determinação de domínio ou imagem. Nessa etapa, estava clara a dificuldade do aluno com as operações de multiplicação de números negativos, exponenciação e adição e subtração de números inteiros negativos. Em diálogo sobre a disciplina de Matemática em sua Educação Básica, o estudante relatou que as aulas eram totalmente expositivas e que, para muitos conteúdos matemáticos, não havia um material manipulável. Isso deixou os pesquisadores esperançosos no trabalho de conteúdos matemáticos para alunos com deficiência visual com a utilização de ferramentas tácteis, como já reafirmado por Ferronato (2002) e Healy e Lulu (2009).

Para auxiliar o aluno nos conhecimentos básicos e prosseguir com o conteúdo, os pesquisadores redigiram textos sobre os conteúdos em um processador de texto para

sua reprodução no o sistema operacional DOSVOX. Essa proposta teve o intuito de dinamizar o tempo e utilizar as ferramentas tecnológicas disponibilizadas a ele para auxiliar seus estudos e sua memorização. Vale destacar que, em alguns momentos, pediam ao aluno que utilizasse a escrita Braille para uma posterior consulta ao material em caso de dúvidas e para a assimilação do conteúdo. Porém, uma das dificuldades encontradas foi que o aluno demonstrava cansaço ao escrever em Braille durante um tempo maior. Além disso, algumas vezes, ao pedir que fosse feita a leitura da escrita, eram notadas palavras trocadas confundindo seu entendimento. Assim, um dos desafios encontrados para a equipe de pesquisadores foi a escrita em Braille, pois não conheciam essa forma de linguagem. Para auxiliar e apoiar o aluno, um dos pesquisadores iniciou o estudo do método Braille e percebeu que a maior dificuldade não é o aprender, mas sim o praticar diariamente para construção e aperfeiçoamento da escrita.

Uma das ferramentas que poderia reduzir tal problema seria o gravador de áudio nas aulas, fazendo, às vezes, um bloco de anotações, permitindo, assim, o registro das discussões escolares e, posteriormente, seu estudo. Em muitos encontros, o aluno discutia com os pesquisadores o que havia escutado no gravador e refletia sobre os questionamentos levantados por ele nos encontros dizendo que fazia perguntas sem fundamentos. Entretanto, os pesquisadores, o estimulavam dizendo que tais perguntas permitiam que ele aprendesse mais.

Outras ferramentas importantes que podem ser utilizadas nas aulas de Matemática para alunos com deficiência visual são o corpo e o espaço (CAETANO; MIRANDA; MELLO, 2016). Uma das atividades propostas para o aluno foi o estudo da Função Quadrática, uma vez que o trabalho com máximos e mínimos o auxiliariam em outras disciplinas do curso de Administração. Para trabalhar com esse tema, optou-se por uma atividade dinâmica em um ambiente fora da sala de aula. Utilizou-se da trajetória de uma bola de futebol a partir do movimento do corpo do estudante para a construção do conceito de ponto máximo e mínimo de uma parábola e, a partir disso, definiram-se simetria, concavidade, crescimento e decrescimento. Essa atividade auxiliou o estudante a entender características e propriedades que, muita das vezes, apenas a fala não consegue alcançar. O trabalho com gráficos de funções quadráticas, bem como de outros tipos de funções, podem ser representados com a atividade corporal do estudante, permitindo-lhe uma diferente percepção e análise (*Idem*).

O intuito desta pesquisa foi analisar e elucidar as dificuldades e possibilidades da aprendizagem por um aluno cego das disciplinas de Fundamentos de Cálculo e Cálculo Diferencial e Integral I. Entende-se que a matemática ensinada através de técnicas não se

aplica de forma tão satisfatória quanto esperada que ocorra para um aluno vidente e que ainda se tem um longo caminho pela frente.

6. O caminho pela frente

Durante esses quase dois anos acompanhando e vivenciando – através do projeto “Matemática para Além da Visão” e da pesquisa “Cálculo para alunos cegos: desafios e possibilidades” – o ensino de Matemática para um estudante cego no curso superior de Administração, foi possível observar um pouco como se dá o processo de ensino-aprendizagem por um educando cego e as dificuldades encontradas nessa trajetória.

Talvez, a primeira dessas dificuldades seja a carência de professores capacitados na área de educação inclusiva, ou pelo menos dispostos a se preparar para esse desafio. Isso devido à falta de investimento na formação de professores e também na formação continuada desses docentes.

Foram encontradas também dificuldades relacionadas aos materiais para se trabalhar com educandos cegos, sendo necessária a confecção de muitos deles. Entretanto, como apresentado neste recorte, alguns materiais podem ser facilmente criados e produzidos pelos professores. Neste trabalho, viu-se como é nítida a importância do material adaptado às necessidades do estudante para o seu desenvolvimento, especialmente, quando se utiliza o tato como canal de aprendizado. Destacou-se, portanto, a relevância da compreensão da necessidade de ferramentas tácteis para a aprendizagem dos estudantes não videntes.

Vale destacar ainda que essas ferramentas têm suas limitações e restrições, mas ao mesmo tempo percebe-se que, por meio de pequenas ações de estudo e diálogo, pode-se iniciar a constituição de um ambiente pedagógico propício para a estruturação de novas práticas educativas e para a construção de ferramentas tácteis que possibilitem aos alunos cegos aprender os conhecimentos matemáticos.

Espera-se que outros trabalhos abordem as muitas dificuldades de compreensão de conteúdos matemáticos da educação básica necessários para dar início ao ensino da disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I para alunos cegos e que os educadores matemáticos utilizem as ferramentas aqui exploradas, façam outras adaptações e construam novas ferramentas.

Os pesquisadores almejam, assim, que a educação matemática inclusiva seja difundida em todos os níveis de ensino, permitindo a ampliação dos conhecimentos matemáticos dos alunos e a ampliação de seus caminhos ao longo de um horizonte da inclusão social e educacional.

Referências

ARZABE, P. H.; GRACIANO, P. G. A declaração universal dos direitos humanos - 50 anos. In: C. ESTADO. **Direitos Humanos**: construção da liberdade e da igualdade. São Paulo: Centro de estudos, 1998. p. 243-268.

BORBA, M. C.; ARAUJO, J. L. Construindo pesquisas coletivamente em Educação Matemática. In: BORBA, M. C.; ARAUJO, J. L. (Orgs). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

BRASIL. Casa Civil. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, 1988. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 18 nov. 2017.

_____. Ministério da Educação. Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – Campus Rio Pomba. **Regimento interno**. Rio Pomba: IF Sudeste MG, mar. /2001. 147 p. Disponível em< https://www.riopomba.ifsudestemg.edu.br/portal/sites/default/files/arq_paginas/Reg_Interno_RP.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2017.

_____. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: adaptações curriculares. Brasília: Ministério da Educação, 1998.

_____. Secretaria de Educação Especial. **Política Nacional de Educação Especial com Perspectivas na Educação Inclusiva**. Brasília. Ministério da Educação, 2008.

CAETANO, J. L. P.; MIRANDA, P. R.; MELLO, F. A. Estudo dos gráficos das funções quadráticas com o corpo e o espaço: uma ferramenta de ensino para educandos cegos. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIA, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DO CAMPUS RIO POMBA, 9., 2016, Rio Pomba. **Anais...** Rio Pomba: IF Sudeste MG. 2017. No prelo

CERQUEIRA, J. E.; FERREIRA, E. Recursos didáticos na educação especial. Revista Benjamin Constant. 5 ed. Rio de Janeiro: IBCENTRO, 2000, p. 24-29.

CORREA, J., MACLEAN, M. Era uma vez... um vilão chamado matemática: um estudo intercultural da dificuldade atribuída à matemática. **Psicologia Reflexiva Crítica**. 1999, v. 12, n. 1, p. 173-194.

D'AMBRÓSIO, U. **Etnomatemática**: elo entre as tradições e a modernidade. 2 ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

FERNANDES, S. H. A. A.; HEALY, L. Desafios associados à inclusão de alunos cegos e com baixa visão nas avaliações escolares. **Escritos Pedagógicos**, v. 4, p. 119-139, 2009.

_____. Ensaio sobre a inclusão na educação matemática. **Revista Iberoamericana de Educação Matemática**, v.10, 2007, p. 59-76.

FERRONATO, R. **A construção de instrumento no ensino da matemática**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 57. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

_____. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1967.

_____. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 2014.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática**: percursos teóricos e metodológicos. 3 ed. Campinas: Autores Associados, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1988.

GONÇALVES, S. S. **Atividades manipulativas para nortear o ensino do conceito de função derivada para alunos cegos**: um pequeno roteiro. Produto educacional, UFOP: 2014. 36 p.

MELLO, F. A.; MIRANDA, P. R. MELLO, F. A.; MIRANDA, P. R. O projeto “Matemática para além da visão” e a confecção de uma ferramenta táctil para educandos cegos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (ENEM), 12., 2016, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBM, 2016, p. 1-12.

MOLLOSSI, L. F. S. B.; MENESTRINA, T. C.; MANDLER, M. L. Dificuldades em aprender matemática: Análise de entrevistas com discentes com deficiência visual. **Simpósio Educação Matemática em Debate**, v. 1, p. 280-293, 2014.

SEGADAS, C. C. V. et al. **Atividades matemáticas para deficientes visuais**. Rio de Janeiro: IM/UFRJ, 2015.

SILVA, F. G. Subjetividade, individualidade, personalidade e identidade: concepções a partir da psicologia histórico-cultural. **Psicol. educ.**, São Paulo , n. 28, p. 169-195, jun. 2009.

Disponível em:

<http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141469752009000100010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 out. 2017.

TURA, M. L. R. A observação do cotidiano escolar. In: Zago, N.; CARVALHO, M. P.; VILELA, R. A. T. (Orgs). **Itinerários de Pesquisa**: perspectivas qualitativas em sociologia da educação. 2. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2011. p. 183-206.

CAPÍTULO 8- ESTUDOS DE FORMAS ALTERNATIVAS AOS ANTIBIÓTICOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO EM DIETAS E DE MÉTODOS DE CASTRAÇÃO EM SUÍNOS

Sérgio de Miranda Pena
Soraia Viana Ferreira
Amanda Rodrigues Fernandes
Guilherme de Souza Moura
Amanda Medeiros Correia
André Mauricio Pinheiro

Formas alternativas aos antibióticos promotores de crescimento em dietas para suínos

1.1 Introdução

Por várias décadas, os antibióticos têm sido utilizados como promotores de crescimento (em doses subterapêuticas) nas dietas de suínos recém-desmamados e em crescimento com o intuito de diminuir a incidência de diarreia pós-desmame, auxiliar no controle de microorganismos patogênicos e promover melhora no desempenho animal.

No entanto, a produção animal mundial tem passado por mudanças importantes nos sistemas de produção, uma vez que o comércio dos produtos vem acompanhado pela crescente influência da opinião pública, formada pela pressão de grupos organizados, televisão e acesso à internet. Sendo assim, nas novas tendências da produção de alimentos, é fundamental que as medidas de segurança alimentar estejam intrinsecamente relacionadas à inocuidade, segurança e estabilidade dos produtos de origem animal (SAKOMURA et al., 2014; MEEK et al., 2015).

Diante dessa percepção do consumidor, a utilização de antibióticos na produção de suínos tem gerado preocupação, uma vez que se acredita que esses podem contribuir para o aparecimento de genes de resistência, que serão transmitidos dos suínos para a população, resultando em doença, já que os humanos podem não responder de forma eficiente ao tratamento antimicrobiano (DE JONG et al., 2009; ALLEN et al., 2013). A dispersão emergente de genes que expressam mecanismos de resistência às drogas com propriedades antibióticas, bem como a seleção de novas estirpes microbianas antibiorrestistentes, coincidiu somente com o uso generalizado de antibiótico (MENDES et al., 2013).

Em uma tentativa de reduzir a resistência antimicrobiana a Comunidade Econômica Europeia (CEE) decretou o banimento do uso de antibióticos como promotor de

crescimento na alimentação animal a partir de janeiro de 2006 (COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION, 2003).

Setores de saúde pública do Brasil têm se manifestado contra o uso de antibióticos na produção animal e a sua proibição é iminente, seguindo a tendência mundial e obedecendo as normas internacionais para o banimento completo (MILTENBURG, 2000).

Com o aumento da preocupação governamental e da sociedade com a possibilidade da ocorrência de resistência bacteriana aos antibióticos utilizados na produção animal, torna-se necessário buscar alternativas a serem utilizadas na dieta de leitões, visando minimizar o impacto da retirada dos antibióticos do sistema de produção e garantir ao mesmo tempo a segurança alimentar dos consumidores. Entre essas alternativas destaca-se o uso de aditivos como probiótico, prebiótico, ácidos orgânicos e óleos essenciais.

A capacidade de encontrar e evoluir a próxima geração de aditivos alimentares será impulsionada, entre outros fatores, pela compreensão dos mecanismos de ação e das implicações na saúde animal e no desempenho. Além disso, a maior parte da avaliação e interpretação de aditivos alimentares tem uma visão simplista de um único aditivo, enquanto que os suínos, frequentemente, recebem dietas contendo uma mistura de aditivos distintos. É imperativo considerar a avaliação de combinações de aditivos para documentar respostas de animais e sinergias potenciais (KIARIE et al., 2016).

Este capítulo tem por objetivo demonstrar o potencial de ação de aditivos que tem potencial de substituir os antibióticos como promotores de crescimento, bem como os resultados, a aplicabilidade e as contribuições das pesquisas realizadas no Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais *Campus* Rio Pomba relacionadas ao tema.

1.2 Aditivos utilizados como alternativas aos antibióticos promotores de crescimento para suínos e seus mecanismos de ação

1.2.1 Probióticos

O termo probiótico deriva do grego e significa “pró-vida”. É considerado um suplemento alimentar que contém culturas únicas ou mistas de microrganismos, que produzem efeitos benéficos ao hospedeiro por incremento das propriedades da microbiota nativa (HAVENAAR; HUIS IN'T VELD, 1992), podendo ser utilizado como promotor de crescimento para suínos. São valiosos na alimentação animal, pois possuem ações benéficas semelhantes às dos antibióticos, porém sem características indesejáveis da resistência bacteriana e residual nas carcaças (COSTA; ROSA *et al.*, 2010). Os microrganismos mais utilizados com essa finalidade são aqueles oriundos ou semelhantes

às bactérias benéficas existentes no intestino dos animais (ROSS et al., 2010). A função dos probióticos têm sido, portanto, promover o equilíbrio microbiano intestinal (OHH, 2011).

Entre os efeitos benéficos decorrentes do consumo de probióticos, pode-se evidenciar a redução dos sintomas da má digestão à lactose, a prevenção de diarreias, a modulação do sistema imune, a redução dos níveis de colesterol total e LDL-c e o aumento de HDL-c (MANZONI et al., 2008).

Os probióticos também podem atuar por exclusão competitiva com os patógenos por sítios de fixação e nutrientes, impedindo sua ação transitoriamente (HAVENAAR; HUIS IN'T VELD et al., 1992; CROSS, 2002), uma vez que ocupam os sítios de ligação da mucosa intestinal, onde poderiam estar as bactérias patogênicas, assim, as bactérias patogênicas seriam excluídas por competição de espaço. No intestino, os probióticos realizam rápida metabolização de substratos (açúcares, vitaminas, aminoácidos, proteínas), tornando-os indisponíveis aos patógenos e isso reduz suas proliferações (BIELECKA et al., 2002).

Além dos probióticos prevenirem a proliferação e sobrevivência de organismos patogênicos no trato gastrointestinal, há efeitos benéficos dos *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* no intestino aumentando a produção de anticorpos, na ativação de macrófagos, proliferação de células T e produção de interferon. Podem também afetar as bactérias patogênicas através da síntese de bacteriocinas (HUAYNATE et al., 2006), que, além de reduzirem a fixação de patógenos, podem atuar como bactericidas para as enterobactérias na mucosa (CHATEU et al., 1993), podem estimular a síntese de ácidos orgânicos voláteis (AUDISIO et al., 2000; JIN et al., 2000), inibindo o crescimento de patógenos mediante a redução do pH intestinal e tornando o meio impróprio para a multiplicação do patógeno (LEEDLE, 2000), ou pelo efeito direto dos ácidos sobre as enterobactérias (JIN et al., 2000).

Para garantir seus efeitos funcionais, os probióticos: precisam ser habitantes normais para colonizar o trato gastrointestinal; devem ser espécies-específicos; devem ainda ser capazes de produzir culturas viáveis em concentrações efetivas, superiores a 10^8 a 10^{11} Unidades Formadoras de Colônia (UFC) por grama de produto; devem também ser capazes de promover alto crescimento com baixa exigência de nutrientes, após a ingestão do produto; devem ser tolerante às enzimas salivares, ácidos estomacais, sais biliares no intestino delgado e ácido orgânico volátil no intestino grosso; devem ser capazes de aderir às células epiteliais do intestino; não podem ser patogênicos e nem produzir efeitos adversos para o hospedeiro; devem ser estáveis e precisam manter sua viabilidade quando estocados (SANTOS et al., 2011); devem ser hábeis para possibilitar supressão de

patógenos entéricos, bem como suas células e metabólitos; e sobreviver na ração e ao processamento desta com uma atividade estável (LANGE et al., 2010).

1.2.2 Prebióticos

O termo prebiótico foi definido por Gibson & Roberfroid em 1995, como "ingredientes nutricionais não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro, estimulando seletivamente o crescimento e atividade de uma ou mais bactérias benéficas do cólon, melhorando a saúde do seu hospedeiro". Esses carboidratos não digeríveis incluem os oligossacarídeos, o amido resistente e os polissacarídeos não amiláceos que são resistentes à hidrólise por secreções digestivas (HUTKINS et al., 2016).

O prebiótico é um componente dietético que fomentará a permanência de microrganismos desejáveis no trato digestório, ou seja, é um componente prévio para a existência da vida, cumprindo uma função de substrato para desenvolvimento de microrganismos benéficos da flora, melhorando a saúde intestinal do animal (STEFE et al., 2008).

Os prebióticos podem inibir a adesão de agentes patogênicos. Além disso, possuem possível ação melhoradora sobre o sistema imune e sobre certos aspectos anatômicos do sistema digestivo (SILVA; NÖRNBERG, 2003), estimulam seletivamente a microbiota intestinal proporcionando o crescimento de um número limitado de bactérias colônicas benéficas, especialmente bactérias do ácido lático (GUERRA-ORDAZ et al., 2014).

Alguns dos aditivos utilizados como prebióticos e suas funções estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Olissacarídeos não digestíveis utilizados como prébióticos.

Olissacarídeos não digestíveis	Ação/Função
Mananoligossacarídeos	Atuam reduzindo a aderência de bactérias patogênicas à parede do intestino ao ocuparem os sítios de ligação das células epiteliais da mucosa intestinal, contribuindo para a manutenção da integridade da mucosa e da capacidade absorptiva do intestino. Possuem efeito carreador de bactérias para o intestino grosso, que serão excretadas nas fezes. Proporcionam melhora no desempenho de leitões desmamados, aumento de bactérias benéficas, melhoria na morfologia intestinal, previnem o sistema imune. (LIU et al., 2008; CHE et al. 2012; POEIKHAMPHA; BUNCHASAK et al., 2011).

continua

(continuação)

Tabela 1- Olissacarídeos não digestíveis utilizados como prébióticos.

Galactoligosacarídeos	Aumento da viscosidade da digesta, redução da incidência de diarreia, modificação significativa na microflora colonizadora do cólon, decréscimo no pH do cólon e maior produção dos ácidos graxos de cadeia curta; efeito protetor contra infecções no trato gastrointestinal (DERSJANT-LI; PEISKER, 2010; BRASIL et al., 2010).
Frutoligosacarídeos	Modificam as populações microbianas no intestino e ajudam a colonização por bactérias não patogênicas. Melhora na conversão alimentar, redução na incidência de diarreia, aumento nas concentrações de butirato e isobutirato no ceco, melhora na morfologia intestinal (ROBERFROID et al., 2004; ZHAO et al. 2012).

Fonte: Elaborada pelos autores

1.2.3 Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos são substâncias que contêm uma ou mais carboxilas em sua molécula. Na produção animal, o termo ácido orgânico geralmente faz referência aos ácidos fracos de cadeia curta, variando de um a sete átomos de carbono na molécula (BELLAVIER; SCHEURMANN, 2004). Geralmente reduzem o pH da dieta, mas os efeitos sobre o pH do conteúdo do aparelho digestivo, bem como os efeitos sobre a microbiota intestinal são muitas vezes variáveis (KIARIE et al. 2016).

Vários mecanismos de ação dos ácidos orgânicos têm sido sugeridos, dentre os quais se destacam: a redução do pH estomacal; alterações na microflora intestinal por meio de controle bactericida ou bacteriostático; redução da taxa de esvaziamento gástrico; aumento da atividade enzimática e estimulação das secreções pancreáticas; melhora na digestibilidade e retenção de nutrientes; redução de alterações na morfologia intestinal; melhora no ganho de peso e conversão alimentar (WALSH et al., 2004; HALAS et al., 2010).

Existem diversos ácidos orgânicos disponíveis no mercado (fórmico, acético, propiônico, fumárico, cítrico, sórbico) para serem usados na alimentação dos suínos. Alguns desses ácidos são utilizados na forma de sais de sódio, potássio ou de cálcio. Em relação aos ácidos livres, os sais têm a vantagem de ser geralmente inodoros e mais fáceis de manejar no processo de fabricação da ração, são menos corrosivos e apresentam menor efeito negativo sobre o consumo, quando em doses mais elevadas (ROTH; ROTH, 2000).

1.2.4 Óleos essenciais

Os extratos vegetais, assim como seus princípios ativos extraídos, os óleos essenciais, são importantes componentes da medicina tradicional. A partir da década de 90, devido à proibição do uso de antibióticos como promotores de crescimento e a preocupação crescente da população em consumir produtos naturais, os extratos vegetais e seus óleos essenciais ganharam destaque como alternativas à substituição dos antibióticos (SAKOMURA et al., 2014).

Os óleos essenciais são representados por complexas misturas de substâncias voláteis, de forma geral lipofílica, cujos componentes incluem uma série de hidrocarbonetos terpênicos, ésteres, ácidos orgânicos, aldeídos, cetonas, fenóis, entre outros, em diferentes concentrações, nos quais um composto farmacologicamente ativo é majoritário (BURT, 2004). São reconhecidos os efeitos antibacterianos, antiparasitários e, mais recentemente, antioxidantes de substâncias bioativas, originárias de extratos de plantas, com excelente efeito na dieta dos animais. No grupo dos óleos, carvacrol e timol apresentam grande perspectiva de substituir os antibióticos (KNOWLES, 2002).

A maioria dos óleos essenciais exerce seu efeito antimicrobiano na estrutura da parede celular bacteriana, desnaturando e coagulando proteínas. Alteram a permeabilidade da membrana citoplasmática por íons de hidrogênio (H^+) e potássio (K^+), o que causa a interrupção dos processos essenciais da célula como transporte de elétrons, translocação de proteínas, etapas da fosforilação e outras reações dependentes e enzimas, resultando em perda do controle quimiosmótico da célula afetada e, conseqüentemente, a morte bacteriana (DORMAN; DEANS, 2000).

1.3 Pesquisas realizadas no IF Sudeste MG - alternativas aos antibióticos como promotores de crescimento

Diante da tendência mundial em buscar aditivos com potencial de substituir os efeitos dos antibióticos como promotores de crescimento, pesquisas relacionadas a esse tema foram realizadas no departamento de Zootecnia do IF Sudeste MG *Campus* Rio Pomba.

No primeiro experimento, foram utilizados 64 animais machos castrados e fêmeas, na fase de Crescimento I, de 30 a 50 Kg. Os suínos foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro tratamentos em arranjo fatorial 2x2 (com e sem simbiótico x seca ou úmida), oito repetições e dois animais por unidade experimental.

Os tratamentos foram definidos da seguinte forma: 1 – Ração seca sem simbiótico, 2 – Ração seca com simbiótico, 3 – Ração úmida sem simbiótico e 4 – Ração

com simbiótico. Foram realizadas análises de desempenho, peso dos órgãos, avaliação do pH estomacal e intestinal, avaliação microbiológica e econômica. Os resultados referentes ao desempenho dos animais estão apresentados na Tabela 2. Não foram observados efeitos significativos ($P>0,05$) sobre o peso final, ganho de peso diário, consumo diário de ração e conversão alimentar.

Para o segundo experimento, foram utilizados 64 leitões recém-desmamados de alto sendo machos castrados e fêmeas, com média de 28 dias e 8,02 Kg de peso inicial até 66 dias de idade. O delineamento experimental foi em blocos casualizados composto por dois tratamentos, oito repetições e quatro animais por unidade experimental.

Foram utilizados dois tratamentos, 1 – Água de bebida normal, sem adição da combinação; 2 – Água de bebida com adição da combinação de ácidos orgânicos + óleos essenciais (a saber, ácido cítrico, ácido málico, carvacrol, anetole, goma xantana, cloreto de sódio e veículo). Foram realizadas análises de desempenho, peso dos órgãos, avaliação do pH estomacal e intestinal, avaliação da incidência de diarreia, matéria seca das fezes e avaliação econômica.

Tabela 2 - Peso final, ganho de peso diário, consumo diário de ração e conversão alimentar de suínos em crescimento alimentados com simbióticos em dietas umedecidas ou não

Simbiótico	Umidade		Média
	Seca	Úmida	
Peso Final (Kg)			
Com	54,38	54,13	54,25 a
Sem	55,63	55,31	55,47 a
Média	55,00 a	54,72 a	
CV%	6,26		
Ganho de Peso Diário (Kg/dia)			
Com	0,92	0,92	0,92 a
Sem	0,93	0,92	0,92 a
Média	0,92 a	0,92 a	
CV%		10,08	
Consumo Diário de Ração (Kg/dia)			
Com	1,79	1,77	1,78 a
Sem	1,68	1,81	1,74 a
Média	1,73 a	1,79 a	
CV%	9,43		
Conversão Alimentar (Kg/Kg)			
Com	1,98	1,95	1,96 a
Sem	1,94	2,02	1,98 a
Média	1,96 a	1,99 a	
CV%	11,03		

Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Fonte: Dados dos próprios autores

Observou-se que nenhuma das variáveis de desempenho produtivo dos leitões (GPD, CRD e CA) avaliadas foi influenciada ($P>0,05$) pelo fornecimento da combinação de ácidos orgânicos e óleos essenciais via água.

O desempenho dos leitões na fase de creche suplementados ou não com a combinação (ácidos orgânicos e óleos essenciais) na água encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Desempenho zootécnico de leitões na fase de creche suplementados ou não com a combinação via água.

Variável	Tratamento		CV (%)	P valor
	Controle	Combinação		
GPD (kg.dia ⁻¹)	0,54±0,05	0,55±0,09	11,17	0,70
CRD (kg.dia ⁻¹)	0,89±0,15	0,95±0,15	13,95	0,44
CA	1,64±0,18	1,72±0,19	10,20	0,41

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F. Ganho de peso diário (GPD), consumo de ração diário (CRD), conversão alimentar (CA), coeficiente de variação (CV), combinação (ácidos orgânicos e óleos essenciais).

Fonte: Dados dos próprios autores

Nos dois experimentos não foram observadas alterações significativas para os parâmetros avaliados. Considerando que o presente estudo foi conduzido em granja experimental, com instalações adequadamente limpas, lavadas e desinfetadas, com período de vazio sanitário adequado, sem prevalência de diarreias e que a temperatura foi mantida na faixa de conforto térmico dezoito dos animais, pode-se inferir que o desafio durante a condução do experimento foi mínimo, o que pode ter contribuído para a ausência de efeito dos aditivos sobre o desempenho dos animais em comparação com o controle. Esses resultados confirmam a hipótese de Vilas Boas et al. (2014), que acreditam que os desafios impostos no ambiente de criação, variações nas condições ambientais, procedência genética e fatores estressores inerentes ao manejo, favorecem a ação dos promotores de crescimento e potencializam seus efeitos no desempenho de leitões desmamados.

1.4 Conclusões e perspectivas

As pesquisas relacionadas aos aditivos com potencial de substituição aos antibióticos na nutrição de suínos que vêm sendo desenvolvidas no departamento de Zootecnia do IF Sudeste MG, *Campus* Rio Pomba, têm buscado novas informações bem como confirmar algumas hipóteses já existentes, com o intuito de atender as demandas da

população quanto à excelência na qualidade e segurança alimentar dos produtos de origem animal, promovendo o bem-estar, a qualidade de vida e saúde aos consumidores.

Dessa forma, faz-se necessário dar continuidade aos estudos relacionados a esse tema, uma vez que vários fatores inerentes aos aditivos podem influenciar o desempenho dos animais e trazer melhorias para a produção de suínos no Brasil.

Pesquisa de métodos de castração em suínos

2.1 Introdução

Atualmente, o Brasil ocupa a quinta posição em consumo e o quarto lugar como produtor e exportador de carne suína do mundo (USDA, 2012). Em 2011, foram abatidos 34,862 milhões de suínos, aumento de 7,2% em relação ao ano anterior (IBGE, 2012).

Os consumidores percebem como aspecto de relevância para uma carne de qualidade, produtos que possuam qualidade sensorial e que sejam seguros para o consumo (Ramos e Gomide, 2007). Muitos fatores podem influenciar a qualidade da carne, dentre eles o sexo do animal, que é um importante determinante do crescimento muscular (LAWRIE, 2005).

A criação de animais inteiros tem sido prejudicada pela existência de um defeito sensorial relacionado ao odor sexual, que é observado quando a carne ou produtos derivados são cozidos, liberando odores desagradáveis (*off-flavor*) (EINARSSON, 2006; LUNDSTRÖM; ZAMARATSKAIA, 2006).

A castração cirúrgica dos machos é realizada rotineiramente para eliminar a possibilidade de odor na carne, entretanto, esse método não é inteiramente satisfatório, pois tem sido visto como potencial agravante da saúde e do bem-estar animal. Portanto, métodos que excluem a castração convencional são desejáveis (LUNDSTRÖM; ZAMARATSKAIA, 2006).

Desse modo, surgiu a imunocastração, um método que bloqueia a ação do fator de liberação de gonadotrofinas (GnRH), através da aplicação de uma vacina que inibe a produção de esteroides testiculares e seus odores desagradáveis (OLIVER et al., 2003). Além disso, evita o processo de castração cirúrgica convencional e possibilita o aproveitamento das características que os machos inteiros oferecem antes da imunocastração.

2.2 Imunocastração

A castração no final do período de terminação, dos machos inteiros, vem a reduzir níveis de androstenona e de escatol e, ao mesmo tempo, assim obteria o benefício dos efeitos anabólicos dos andrógenos durante a maior parte da vida produtiva do animal. Claus, (1976) e Bornneau et al., (1982) demonstraram que castrar machos entre duas e três semanas antes do abate é suficiente para diminuir o teor de androstenona na gordura a níveis semelhantes aos observados em castrados e fêmeas.

A vacina estimula o sistema imune do suíno a produzir anticorpos que bloqueiam e reverterem o acúmulo dos compostos responsáveis pelo odor característico do macho inteiro (HENNESSY, 2008). Segundo Claus, Weiler e Herzog (1994), devido à biossíntese comum da androsterona e dos hormônios esteroides produzidos no testículo, uma das formas mais viáveis de diminuir as concentrações de androsterona seria através da imunização ativa e seletiva contra o próprio androsterona e seus precursores.

McCauley et al. (2003) concluíram em seus estudos que o efeito combinado da somatotrofina e do inibidor da Gonadotrofina administrados sob a forma de vacinas em suínos machos inteiros foi eficaz na redução da espessura do toucinho lombar e do odor sexual, respectivamente. Silveira et al. (2008), em estudos realizados, constataram a eficiência da imunocastração na redução das concentrações de androstenona e escatol bem como o seu potencial anabólico demonstrado pelo desempenho zootécnico apresentado pelo animais.

De acordo com Einarsson (2006), após a segunda dose da vacina pode ser observada a diminuição no comportamento agressivo e sexual, consequência da supressão da função testicular. A menor incidência de lesões decorrentes de briga exibidas após o transporte e descanso em animais imunocastrados, tem sido atribuído ao reduzido comportamento agressivo nesses animais.

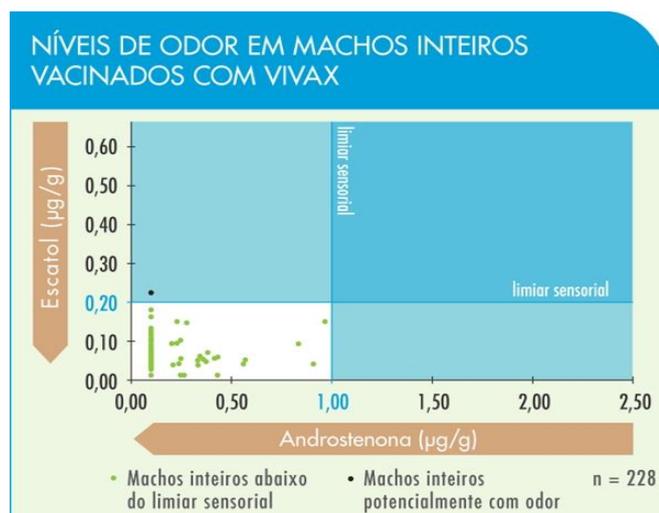


Figura 1. Níveis de escatol e androstenona em machos imunocastrados.
Fonte: <http://www.vacinavivax.com.br/> (2017)



Figura 2. Protocolo de aplicação da vacina usada na imunocastração.
Fonte: <http://www.vacinavivax.com.br/> (2017)

2.3 Resultados de trabalho realizado no campus rio pomba

Os resultados de desempenho zootécnico de suínos submetidos à castração cirúrgica ou imunocastração podem ser vistos na Tabela 1.

Verificou-se ($P \leq 0,05$) aumento em 14% no ganho de peso diário dos machos imunocastrados em relação aos castrados cirurgicamente. Uma das explicações seria de que os suínos, previamente à imunocastração, mantêm o padrão metabólico dos machos não castrados, uma vez que o efeito inibidor da secreção de esteroides testiculares inicia somente após a aplicação da segunda dose da vacina (ZAMARATSKAIA et al., 2008).

Não foi constatada diferença ($P > 0,05$) no consumo de ração diária entre os animais castrados e imunocastrados. Resultados similares ao presente estudo também foram obtidos por Jaros et al. (2005). Apesar de não ter sido verificado nessa pesquisa, tem-

se observado aumento da quantidade diária de alimento ingerido pelos machos inteiros quando comparados aos castrados, após a aplicação da segunda dose da vacina de imunocastração (ZAMARATSKAIA et al., 2008).

Tabela 1. Desempenho de suínos castrados e imunocastrados na fase de terminação.

Variável	Método de castração			P valor
	Cirúrgico	Imunocastrado	CV(%)	
Ganho de peso diário (kg/dia)	0,87 ^b	0,99 ^a	10,35	0,05
Consumo de ração diário (kg/dia)	2,34	2,49	7,37	0,13
Conversão alimentar (kg/kg)	2,63	2,51	13,56	0,51

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Dados dos próprios autores

Dunshea et al. (2001), ao avaliarem suínos machos castrados, machos vacinados (imunocastrados) e machos inteiros, abatidos com 26 semanas de idade, encontraram diferenças significativas entre os três tratamentos para a espessura de toucinho no ponto P2 (6,5 cm a partir da linha média sobre a última costela). Animais castrados cirurgicamente apresentaram maior espessura de gordura (17,1 mm), enquanto que os imunocastrados foram intermediários com 15,1 mm, e os inteiros tiveram a menor espessura (12,6 mm).

Pauly et al. (2009) observaram menor rendimento de carcaça em animais inteiros e imunocastrados quando comparados aos castrados cirurgicamente. No entanto, os imunocastrados apresentaram menor rendimento de carne em relação aos inteiros, porém, maior em comparação aos castrados.

Os resultados de características de suínos submetidos à castração cirúrgica ou imunocastração podem ser vistos na Tabela 2.

Constatou-se que suínos imunocastrados obtiveram menor espessura de toucinho em relação aos animais castrados cirurgicamente ($P < 0,05$). Na presente pesquisa adotou-se para determinação da espessura de toucinho, a altura da última costela na região de inserção da última vértebra torácica com a primeira lombar, diferentemente de (Santos et al., 2012; Kiefer et al., 2011) que mediram na altura da 10^a costela. Resultantes similares foram obtidos por Santos et al., 2012, que também observaram diferenças na espessura de toucinho dos suínos imunocastrados em relação aos castrados.

O método de castração não influenciou ($P > 0,05$) o peso e rendimento de carcaça quente, comprimento de carcaça, profundidade de músculo, área de olho-de-lombo e o índice de bonificação de carcaça.

Portanto, a imunocastração é um método potencialmente conveniente de evitar o odor sexual em suínos machos. Além disso, torna-se viável se a maioria das características de desempenho de animais inteiros for mantida nos animais imunizados (BONNEAU; ENRIGHT, 1995). Segundo os autores, o desafio é manter a secreção testicular dos anabolizantes esteroides a um nível elevado até o máximo possível e ainda permitir tempo suficiente para a imunocastração diminuir as concentrações de androstenona na gordura para níveis aceitáveis antes do abate.

Tabela 2. Características de carcaça de leitões castrados e imunocastrados na fase de terminação.

Variável	Método de castração		CV (%)	Valor P
	Cirúrgico	Imunocastrado		
Peso da carcaça quente (kg)	86,87	84,62	3,17	0,14
Peso da carcaça fria (kg)	83,25	81,50	3,36	0,24
Comprimento de carcaça (cm)	77,50	77,62	2,2	0,88
Profundidade de músculo (mm)	68,70	65,72	8,19	0,31
Espessura de toucinho (mm)	33 ^a	28,93 ^b	9,18	0,02
Área de olho de lombo (cm ²)	59,93	58,56	8,95	0,62
Rendimento de carne na carcaça fria (%)	39,02	37,49	4,03	0,74
Rendimento de carne (%)	33,99	35,54	5,5	0,14
Quantidade de carne na carcaça (%)	25,09	28,84	24,46	0,29
Índice de Bonificação (%)	131,69	129,39	2,65	0,22
Perda de carcaça no resfriamento (%)	4,13	3,68	41,32	0,59

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Dados dos próprios autores



Figura 3. Medida da espessura de toucinho de suíno imunocastrado realizada durante a pesquisa no *Campus* Rio Pomba.

Fonte: Dados dos próprios autores



Figura 4. Medida do comprimento de carcaça logo após abate, realizada durante a pesquisa no *Campus* Rio Pomba.

Fonte: Dados dos próprios autores

2.4 Conclusões e perspectivas

A imunocastração é uma ferramenta importante para reduzir os efeitos indesejáveis do odor na carcaça de animais não castrados, por evitar dor dos animais, como ocorre no método convencional de castração cirúrgica, o que contribui para os anseios dos consumidores preocupados com o bem-estar animal.

A adoção desse método de castração deve ser analisada através da relação custo benefício, pois tem sido observado que a imunocastração propicia ganho de peso superior aos animais castrados cirurgicamente, principalmente, devido ao aproveitamento dos hormônios esteroides anabolizantes preservados até o momento da aplicação da vacina.

O IF Sudeste MG, *Campus* Rio Pomba vem contribuindo para o desenvolvimento nacional ao publicar os resultados de seus projetos de pesquisa em congressos, simpósios e revistas, além de promover a interdisciplinaridade nos setores da instituição juntamente com os professores, alunos e funcionários.

Referências

ALLEN, H. K. et al. Treatment, promotion, commotion: Antibiotic alternatives in food producing animals. **Trends in Microbiology**, v. 21, p. 114-119, 2013.

ALVES, G.E.S. et al. Aspectos fisiológicos e econômicos da castração em animais de produção e companhia: verdades e crendices. **Revista CFMV**, n. 40, p. 67-74, 2007.

ANDERSSON, K., SCHAUB, A., ANDERSSON, K., LUNDSTRÖM, K., THOMKE, S.; HANSSON, I. The effect of feeding system, lysine level and gilt contact on performance, skatole levels and economy of entire male pigs. **Livestock Production Science**, Champaign, v. 51, p.131-140, 1997.

AUDISIO, M.C. et al. Protective effect of *Enterococcus faecium* J96, a potential probiotic strain, on chicks infected with *Salmonella pullorum*. **Journal of Food Protection**, v.63, n.10, p.1333-1337, 2000.

BASSET, A. Castration of cattle. **Animal Welfare**, n. 9, 2010.

BELLAVER, C.; SCHEUERMANN, G. Aplicações dos ácidos orgânicos na produção de aves de corte. In: Conferência AVESUI, 3., 2004, Florianópolis, SC. **Anais eletrônicos...** Concórdia: Embrapa CNPSA, 2004. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_arquivos/palestras_km5m39r0c.pdf>. Acesso: 10 abr. 2017.

BIELECKA, M. et al. Selection of probiotics and prebiotics for synbiotics and confirmation of their in vivo effectiveness. **Food Res. Int.**, Amsterdam, v.35, n.2/3, p.125-131, 2002.

BONNEAU, M.; ENRIGHT, W.J. Immunocastration in cattle and pigs. **Livestock Production Science**, v. 42, p. 193-200, 1995.

BRASIL, A.P.R., DE REZENDE, S.T., PELÚZIO, M.C.G., GUIMARÃES, V.M.. Removal of oligosaccharides in soybean flour and nutritional effects in rats. **Food Chemistry**, v. 118, p. 251-255, 2010.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 5, p. 223-253, 2004.

CHATEU, N. et al. Distribution of pathogen inhibiting the Lactobacillus isolates of a commercial probiotic consortium. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 74, p. 36-40, 1993.

CHE, T. M. et al. Effects of mannan oligosaccharide on cytokine secretions by porcine alveolar macrophages and serum cytokine concentrations on nursery pigs. **J. Anim. Sci.** v. 90, p. 657-668, 2012.

CLAUS, R. Messung des Ebergeruchstoffes im Fett von Schweinen mittels eines Radioimmunotest. 2.Mitteilung: Zeitlicher Verlauf des Ebergeruchdepotabbaues nach der Kastration. **Zeitschrift für Tierzucht und Züchtungsbiologie**, Berlin, v. 93, 38-47, 1976.

CLAUS, R.; WEILER, U.; HERZOG, A. Physiological aspects of androstenone and skatole formation in the boar: a review with experimental data. **Meat Science**, v. 38, p. 289-305, 1994.

COSTA, N. M. B. & ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais**: componentes bioativos e efeitos fisiológicos. Rio de Janeiro: Rubio, 2010, 536 p.

COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Council regulation on the authorization of the additive avilamycin in feeding stuffs. Brussels, 2003. Disponível em <<http://register.consilium.eu.int/pdf/en/03/st06/st06120en03.pdf>> Acesso em: 20 jan. 2017.

CROSS, M. L. Microbes versus microbes: immune signals generated by probiotic lactobacilli and their role in protection against microbial pathogens. **FEMS Immunology and Medical Microbiology**, v. 34, n. 4, p. 245-253, 2002.

DE JONG, A. et al. A pan-European survey of antimicrobial susceptibility towards human-use antimicrobial drugs among zoonotic and commensal enteric bacteria isolated from healthy food-producing animals. **J. Antimicrob.** v. 63, p.733-744, 2009.

DERSJANT-LI, Y.; PEISKER, M. The impact of soy oligosaccharides on digestion and intestinal health in weaning piglets. **Livestock Science**, v. 134, p. 187-189, 2010.

DESMOULIN, B.; BONNEAU, M.; BOURDON, D. Etude en bilan azoté et composition corporelle des porcs mâles entiers ou castrés de race Large White. **Journées de la Recherche Porcine en France**, Paris, v. 6, p. 247-255, 1974.

DORMAN, H. J. D.; DEANS, S. G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, n. 2, p. 308-316, 2000.

DUNSHEA, F.R. et al. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2524-2535, 2001.

DUNSHEA, R. R.; D'SOUZA, D. N.; PETHIC, D. W.; HARPER, G. S.; WARNER, R. D. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, New York, 7v. 1, p. 8-38, 2005.

EINARSSON, S. Vaccination against GnRH: pros and cons. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 48, 2006.

FÁVERO, J.A. Abate de suínos machos inteiros: visão brasileira. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. 1., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia, dez. 2000.

FOWLER, V.R.; MC WILLIAM, T.; AITKEN, R. Voluntary feed intake of boars, castrates and gilts given diets of different nutrient density. **Australian Animal Production**, Collingwood, v. 32, p. 357, 1981.

FURTADO, C.S.D. et al. Fatores não infecciosos que influenciam o desempenho de leitões lactentes. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 35, p. 47-55, 2007.

GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v.125, p.1401-1412, 1995.

GOMES, C.L. **Influência da imunocastração de machos nas características sensoriais de costela suína**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

GUERRA-ORDAZ, A. A. et al. Lactulose and *Lactobacillus plantarum*, a potential complementary synbiotic to control postweaning colibacillosis in piglets. **Appl. Environ. Microb.** v. 80, p. 4879-4886, 2014.

HALAS, D. ET al. Dietary supplementation with benzoic acid improves apparent ileal digestibility of total nitrogen and increases villous height and caecal microbial diversity in weaner pigs. **Anim Feed Sci.** v.160, p. 137–147, 2010.

HAESE, D; Silva, B. A. N. Antibióticos como promotores de crescimento para monogástricos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p.07-19, 2004.

HAVENAAR, R.; HUIS IN'T VELD, M. J.H. Probiotics: a general view. In: WOOD, B.J.B. **Lactic acid bacteria in health and disease 1**. Amsterdam : Elsevier Applied Science, 1992. p.151-170.

HENNESSY, D. Improvac® mode of action. **Technical Bulletin**, abr. 2008.

HUAYNATE, R. A. R. et al. Uso de probiótico em dietas de suínos: incidência de diarreia, desempenho zootécnico e digestibilidade de rações. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.**, v.43, n.5, p.664-673, 2006.

HUTKINS, R. W. Prebiotics: why definitions matter. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 37, p. 1–7. 2016:

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária**. Mar. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201012.pdf>.

JAROS, P. et al. Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. **Livestock Production Science**, v.92, p.31-38, 2005

JIN, L. Z. et al. Digestive and bacterial enzyme activities in broilers fed diets supplementes with *Lactobacillus* cultures. **Poultry Science**, v. 79, p. 886-891, 2000.

KHANNA, T., FRIENDSHIP, R., DEWEY, C., WEESE, J. S. Methicillin resistant *Staphylococcus aureus* colonization in pigs and pig farmers. **Vet. Microbiol.** v.128, p.298–303, 2008.

KIARIE, E. et al. Performance, digestive function, and mucosal responses to selected feed additives for pigs. **Journal of Animal Science** v. 94, n.3, p. 169-180, 2016.

KIEFER, C.; DONZELE; J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. de. Nutritional plans of digestible lysine for growing-finishing imunocastrated boars. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.9, p.1955–1960, 2011.

KNOWLES, J. R. Antimicrobial action of carvacrolat different stages of dual-species biofilm development by *Staphilococcus aureus* and *Salmonella enterica* serovar Typhymurium. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, n.2, p.797-803, 2005.

LANGE, C. F. M. et al. Strategic use of feed ingredients and feed additives to stimulate gut health and development in young pigs. **Livestock Science**, Champaign, v. 134, n. 1/3, p. 124-134, 2010.

LAWRIE, R.A. **Ciência da Carne**. Tradução de Jane Maria Rubensam. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p. Tradução de: Lawrie´s Meat Science.

LEEDLE, J. Probiotics and DMFs- mode of action in the gastrointestinal tract. In: SIMPÓSIO SOBRE ADITIVOS ALTERNATIVOS NA NUTRIÇÃO ANIMAL, **Anais...** Campinas: CBNA, 2000. p. 25-40.

LIU, P. et al. Effects of chito-oligossacharide supplementation on the growth performance, nutrient e digestibility, intestinal morphology, and fecal shedding of *Escherichia coli* and *lactobacillus* in weaning pigs. **Journal of Animal Science**, v.86, p. 2609-2618, 2008.

LUNDSTRÖM, K.; ZAMARATSKAIA, G. Moving towards taint-free pork: alternatives to surgical castration. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 48, 2006.

MANZONI, M. S. J. et al. Efeitos do consumo de probióticos nos lípides sangüíneos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 351-360, 2008.

MCCAULEY, I.; WATT, M.; SUSTER, D.; KERTON, D. J.; OLIVER, W. T.; HARRELL, R.J.; DUNSHEA, F. R. A GnRF vaccine (Improvac®) and porcine somatotropin (Reporcin®) have synergistic effects upon growth performance in both boars and gilts. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 54, n. 1, p. 11-20, 2003.

MEEK, R.W. et al. Nonmedical uses of antibiotics: Time to restrict their use? **Plos Biol.** v.13, n. 10, p. 1002266-1002211, 2015.

MENDES, F. R. et al. Utilização de antimicrobianos na avicultura. **Revista eletrônica nutritime.** v.10, n. 02, p. 2352 – 2389, 2013.

METZ, C. et al. Active immunization of boars against GnRH at an early age: consequences for testicular function, boar taint accumulation and N-retention. **Livestock Production Science**, v.74, p. 147-157, 2002.

MILTENBURG, G. Promotores e aditivos de crescimento em Avicultura. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS., 2000, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 2000, p. 204-215.

NEWBY, T. J.; MILLER, B. G.; STOKES, C. R.; BOURNE, F. J., Hypersensitivity to dietary antigens as the predisposing factor in postweaning diarrhoea. **Pig Veterinary Society Proceedings**, v. 10, p. 50, 1983.

OHH, S. J. Meta analysis to draw the appropriate regimen of enzyme and probiotic supplementation to pigs and chicken diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Champaign, v. 24, n. 4, p. 73-586, 2011.

OLIVEIRA, C.B. de; DE BORTOLI, E. C.; BARCELLOS, J.O.J. Diferenciação por qualidade da carne bovina: a ótica do bem-estar animal. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 2092-2096, out. 2008.

OLIVER, W.T.; MCCAULEY, I.; HARRELL, R.J. et al. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 1959-1966, 2003.

PAULY, C. et al. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, v. 3, n. 7, p. 1057-1066, 2009.

PAULY, C. et al. Performances, meat quality and boar taint of castrates and entire male pigs fed a standard and a raw potato starch-enriched diet. **Animal**, v. 2, n.11, p. 1707-1715, 2008.

POEIKHAMPHA, T.; BUNCHASAK, C. Comparative Effects of Sodium Gluconate, Mannan Oligosaccharide and Potassium Diformate on Growth Performances and Small Intestinal Morphology of Nursery Pigs. **Asian-Aust. J. Anim. Sci.** v. 24, p. 844-850, 2011.

RAMOS; E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes:** fundamentos e metodologias. Viçosa, MG: UFV, 2007. 599 p.

RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E.T. Acidification of weaned pig diets: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.62, p.313-322, 1993.

ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v.17, n.2, p.259-275, 2004.

ROSS, G. R. et al. Effects of probiotic administration in swine. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, Osaka, v. 109, n. 6, p. 545-549, 2010.

ROTH, F. X. ROTH, F.X. **Ácidos orgânicos en nutrición porcina: eficacia y modo de acción**. XVI Curso de Especialización FEDNA. 11p. 2000.

SAKOMURA, N. K. et al. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2014. 678 p.

SANTOS, A. P. et al. Restrição alimentar para suínos machos castrados e imunocastrados em terminação. **Ciência Rural**, v. 42, n.1, p. 147–153, jan./ 2012.

SANTOS, R. B. et al. Probióticos: microrganismos funcionais. **Ciência Equatorial**, v.1, n.2, p.2179-9563, 2011.

SILVA, L. P.; NÖRNBERG, J.L. Prebióticos na alimentação de não ruminantes. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p.983-990, 2003.

SILVEIRA, E.T.F.; POLEZE, E.; OLIVEIRA, F.T.T.; TONIETTI, A.P.; ANDRADE, J.C.; HAGUIWARA, M.M.H.; MIYAGUSKU, L.; HENNESSY D. Vaccination of boars with a GnRF vaccine (Improvac®) and its effects on meat quality. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 20., 2008, Durban. **Proceedings...** Durban: [s.n.], 89p.

STEFE, C.A.; ALVES, M.A.R.; RIBEIRO, R.L. Probióticos, prebiótico e simbióticos. Artigo de revisão. **Saúde & Ambiente em Revista**, v.3, n.1, p.16-33, 2008.

TONIETTI, A. P. **Avaliações do desempenho zootécnico, qualidade da carcaça e carne em suíno macho inteiro imunocastrado**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

TORRECILAS, S.; MAKOL, A.; BENÍTEZ-SANTANA, T.; CABALLERO, M. J.; MONTERO, D.; SWEETMAN J.; IZQUERDO, M., Reduced gut bacterial translocation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides (MOS). **Fish & Selfish Immunology**. v. 30. p. 674-681. 2011.

VILAS BOAS, A. D. C. **Suplementação de ácidos orgânicos em dietas para leitões na fase de creche**. 2014. 69f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal Sustentável) – Instituto de Zootecnia. APTA/SAA, Nova Odessa, 2014.

WALSH, M.C. et al. **Acidification of nursery diets and the role of diet buffering capacity**. Ohio: The Ohio State University, p.25-36, 2004.

WALSTRA, P.; KROESKE, D. The effect of castration on meat production in male pigs. **World Review Animal Production**, Edinburgh, v.4, p.59-64, 1968.

ZAMARATSKAIA, G. et al. Effect of a gonadotropin-releasing hormone vaccine (improvacTM) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, v.43, p.351-359, 2008.

ZHAO, P. Y.; JUNG, J. H.; KIM, I. H. Effect of mannan oligosaccharides and fructan on growth performance, nutrient digestibility, blood profile, and diarrhea score in weanling pigs. **J. Anim. Sci.** v.90, p. 833-839, 2012.