FTT JOURNAL

of Engineering and Business

FUNDAÇÃO SALVADOR ARENA
ENTIDADE MANTENEDORA

Conselho Curador
Presidente: Regina Celi Venâncio
Carlos Alberto Legori
Edson Marcos Zoccante
Hélio dos Santos Junior
Iara Satoco F. Yamada
Luis Carlos Rabello
Marcia Thiemi Uemura
Maria Luzia de Almeida
Marlene Barbieri Taveira
Nelson da Silva Leme
Toshihiko Kumamoto
Valcir Shigueru Omori
Venize Aparecida F. Vigatto

FACULDADE DE TECNOLOGIA TERMOMECANICA
Diretor Geral
Valcir Shigueru Omori
Diretora Acadêmico
Regina Helena Giannotti
Coordenadores
Administração: Luciana Guimarães Naves Lemos Borges
Engenharia de Alimentos: Márcia Edilamar Pulzatto
Engenharia de Controle e Automação: Silvio Celso Peixoto Gomes
Engenharia de Computação: Michele Bazana de Souza
Pesquisa e Extensão: Márcia Edilamar Pulzatto

FTT Journal of Engineering and Business	São Bernardo do Campo	v. 2	n. 2	p. 1-94	Set. 2017

CONTATO
Faculdade de Tecnologia Termomecanica
E-mail: journal@ftt.com.br

EDITOR ACADÊMICO
Prof. Dr. Fernando Felício Pachi Filho

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO EDITORIAL
Miriam da Silva Nascimento

APOIO EDITORIAL
Erica de Cássia Malagutti
Fernanda Santana
Luciane Alves
Mara de Godoy
Maria Carolina Leite Navarro
Milena Medeiros de Andrade
Simone dos Santos Faria

SUPORTE TÉCNICO
Marcelo Salles
Renan dos Santos Amaral
Wládia Alves

PRODUÇÃO EDITORIAL

Fernanda Hitomi Hyodo
Helena Cristina da Silva Santos
Wendel de Sousa Oliveira

REVISÃO

Sérgio Martins

COMITÊ EDITORIAL CIENTÍFICO

Prof. Dr. Antonio Tavares da Silva (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)
Profa. Dra. Claudia Fonseca Rosès (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo)
Prof. Dr. Daniel Oliveira (Faculdade de Tecnologia Termomecanica)
Prof. Dr. Edmir Prado (Universidade de São Paulo-Leste)
Profa. Dra. Ilana Racowski (Faculdade de Tecnologia Termomecanica)
Prof. Dra. Isabel Machado (Universidade de São Paulo)
Prof. Dr. Jean Bonvent (Universidade Federal do ABC)
Profa. Dra. Júlia Maria D´Andrea Greve (Universidade de São Paulo)
Profa. Dra. Lidia Maria Ruv Carelli Barreto (Universidade de Taubaté)
Prof. Dr. Leo Kugnik (Faculdade de Tecnologia Termomecanica/Instituto Mauá de Tecnologia)
Prof. Dr. Marco Antonio Fumagalli (Faculdade de Tecnologia Termomecanica)
Prof. Dr. Mario Francisco Guerra Boaratti (Universidade Metodista de São Paulo)
Profa. Dra. Márcia Edilamar Pulzatto (Faculdade de Tecnologia Termomecanica)
Profa. Dra. Martha Regina Verruma-Bernardi (Universidade Federal de São Carlos)
Prof. Dr. Paulo Roberto Garcia Lucarelli (Universidade Nove de Julho)
Profa. Dra. Rosely Imbernon (Universidade de São Paulo- Leste)
Prof. Dr. Wagner Wuo (Faculdade de Tecnologia Termomecanica/Pontifícia Universidade Católica de São Paulo)

AVALIADORES DESTA EDIÇÃO

Prof. Me. Adilso Souza (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense)
Prof. Dr. Alcides Ortega (Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul)
Prof. Dr. Alex Lemes Marçal (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais)
Prof. Dr. André Pedro Fernandes Neto (Universidade do Estado do Rio Grande do Norte)
Profa. Dra. Andrea Kassouf Pizzinato (Universidade Metodista de Piracicaba)
Prof. Dr. Antonio Carlos Sanches Cardoso (Universidade do Estado da Bahia)
Prof. Me. Antonio Luís do Rêgo Luna Filho (Instituto Federal do Maranhão, Campus Monte Castelo)
Prof. Dr. Antonio Luiz Rocha Dacorso (Universidade Federal de Sergipe)
Prof. Me. Carlos Alberto Petry Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense)
Profa. Dra. Celeide Pereira (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)
Profa. Dra.Cleonice Bastos Pompermayer (Centro Universitário Fransciscano)
Prof. Dr. David de Oliveira Lemes (Professor da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo)
Profa. Dra. Deisy Drunkler (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)
Prof. Dr. Diogo Manenti (Faculdade Nossa Senhora de Fátima)
Prof. Dr. Eduardo Ribeiro Rodrigues (Instituto Federal de São Paulo)
Prof. Me. Emmanuel Marques Silva (Instituto Federal Espírito Santo – Câmpus Serra)
Prof. Me. Ernandes Nascimento (Faculdade Imaculada Conceição do Recife)
Prof. Dr. Ernano Arrais Jr. (Universidade Federal Rural do Semi-Árido)
Prof. Dr. Francisco Assis da Silva (universidade do Oeste Paulista)
Prof. Dr. Francisco César de Medeiros Filho (Universidade Federal Rural do Semi-árido)
Prof. Dr. Francisco Henrique Freitas Viana (Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca)
Prof. Dr. Helder Antonio da Silva (instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais)
Prof. Me. Iara Yamamoto (Universidade Paulista)
Prof. Dr. Igor de Oliveira Knopp (Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, Brasil)
Prof. Me. Iremar Bezerra da Luz (Centro Universitário do Norte)
Prof. Dr. Giovanni Alfredo Guarneri (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

Profa. Dra. Jaciara Zarpelon Mazo (Instituto Federal de Santa Catarina)
Prof. Dr. Jamir Mendes Monteiro (Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Faculdade de Tecnologia Rubens Lara)
Prof. Me João Paulo Carvalho Henrique (Instituto Nacional de Telecomunicações)
Prof. Me. Jorge Augusto Vasconcelos Alves (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)
Prof. Dr. José Júlio Ferraz de Campos Júnior (Núcleo de Estudos em Contabilidade e Meio Ambiente, FEA/USP)
Prof. Dr. Joilson Cabral (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)
Prof. Dr. José Milton Almeida da Silva (Universidade Nove de Julho)
Prof. Dr. Kleber César Alves de Souza Souza (Instituto Federal do Ceará)
Profa. Dra. Lucélia Ivonete Juliani (Universidade Federal do Pampa)
Profa. Dr. Luci Nychai (Universidade Estadual do Centro-Oeste)
Profa. Dra. Luciana Farina (Universidade Estadual do Oeste do Paraná)
Prof. Dr. Lucas Correia Meneguette (Faculdade de Tecnologia de Tatuí)
Me. Luis Miguel Valente Gonçalves (Universidade de Extremadura)
Prof. Dr. Luiz Felipe Ferreira (Universidade Federal de Santa Catarina)
Prof. Dr. Márcio Lopes Pimenta (Universidade Federal de Uberlândia)
Prof. Dr. Michael Samir Dalfovo (Universidade do Estado de Santa Catarina)
Prof. Dr. Minelle Enéas da Silva (Universidade de Fortaleza)
Prof. Dr. Ricardo Goulart Serra (Centro Universitário Fecap)
Profa. Dra. Rita Garcia (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano)
Profa.Dra. Sandra Regina Marcolino Gherardi (Instituto Federal Goiano)
Profa. Dra. Simone Sartori (Centro Universitário de Brusque)
Profa. Dra, Suzete Élida Nóbrega Correia (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba)
Profa. Dra. Vaninha Vieira dos Santos (Universidade Federal da Bahia)
Prof. Me. Valquíria Aparecida dos Santos (Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo)
Prof. Dr. Victor Wolowski Kenski (Faculdade Instituto Paulista de Ensino)

Sumário

3 **Editorial**

Administração

4 ***Tomada de decisão na escolha de fornecedores utilizando Analytic Hierarchy Process (AHP)***
Wagner Lourenzi Simões
Tainã Lourenzi Simões

17 ***A IES faz diferença? Análise dos determinantes de desempenho acadêmico dos cursos de Administração das Instituições Públicas no Enade 2012***
Carlos Alexandre de Souza
Valéria Moura

Engenharia de Alimentos

36 ***Avaliação do uso da capela de fluxo laminar em análises microbiológicas de carne de frango***
Carolina Resmini Melo Marques
Aline Resmini Melo
Larissa Bento Bortolatto
Roberto Borgert Ferrari
Greice Folis Dagostin

50 ***Potencialidades tecnológicas e qualidade da cadeia produtiva do queijo colonial na região Sul do Brasil: uma revisão***
Ferenc Istvan Bánkuti
Grasiele Scaramal Madrona
Magalia Soares dos Santos Pozza
Sandra Maria Schiavi Bánkuti
Suelen Siqueira dos Santos
Jessica Ressutte

Engenharia de Computação

65 ***Reconhecimento automático de cédulas do Real baseado em Máquinas de Vetor Suporte***
Ricardo Suyama
Fernando Henrique Gomes Zucatelli
Nathalia de Paula Silva

79 ***Desenvolvimento de jogo Platformer em Unity: Vlad, the Platformer***
Fernando Sarturi Prass
Marcos Righi Brasil

Editorial

A *FTT Journal of Engineering and Business* chega ao seu segundo número com boas razões para celebrar. A chamada de publicação, aberta em outubro de 2016 e encerrada em abril deste ano, atraiu o interesse pesquisadores de várias partes do Brasil, que se sentiram motivados a terem seus trabalhos publicados em nossa revista, prova de que há interesse e espaço para publicações que se dedicam a divulgar os resultados de pesquisas em andamento nas faculdades e universidades brasileiras. No total, recebemos 20 artigos, que foram avaliados por 50 pareceristas que se dispuseram a comentar minuciosamente e a propor aperfeiçoamentos para cada um dos trabalhos submetidos. O processo, realizado segundo os parâmetros recomendados para publicações científicas, garante a qualidade dos artigos, de modo que eles se constituam como contribuições efetivas aos domínios científicos dos quais fazem parte. O resultado pode ser conferido nesta edição, dividida em três seções.

Na seção Administração, os pesquisadores Wagner Simões e Tainã Simões apresentam uma proposta de aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para a seleção de fornecedores de partes metálicas para uma empresa de equipamentos elétricos. A avaliação demonstra que o uso desse instrumento permite que os responsáveis pela escolha de fornecedores tenham mais subsídios para a tomada de decisão. Em outro artigo, Souza e Moura estudam determinantes do desempenho acadêmico dos cursos de Administração das instituições públicas com base no Exame Nacional de Avaliação do Desempenho do Estudante (Enade) 2012. Por meio de análises estatísticas, os autores afirmam que a formação anterior dos estudantes é fator preponderante para seu desempenho. No entanto, fatores como organização didático-pedagógica, percentual de professores doutores e regime de trabalho são também relevantes.

O uso da capela de fluxo em análises microbiológicas de carne de frango, artigo que abre a seção Engenharia de Alimentos, é tema do trabalho desenvolvido por Marques et al. Análises microbiológicas realizadas em carnes de frango com uso e sem uso de capela de fluxo laminar demonstraram pequena variação em valores encontrados para as diferentes situações, sendo possível o processamento das amostras tanto em capela quanto em bancada. As potencialidades tecnológicas e a qualidade da cadeia produtiva do queijo colonial na região do Brasil são investigadas por Bánkuti et al. Por meio da revisão de literatura sobre o tema, os autores identificam a necessidade de uso de matéria-prima adequada e controle higiênico do processo para fomentar a produção de queijo colonial visando ao desenvolvimento social e econômico da Região Sul.

A seção de Engenharia de Computação apresenta, inicialmente, os resultados da implementação de um algoritmo inteligente desenvolvido para classificar e reconhecer cédulas de Real a partir do uso de uma Máquina de Vetor Suporte. O estudo, realizado pelos pesquisadores Suyama, Zucatelli e Silva, demonstra, em uma matriz, a obtenção de 44 identificações corretas entre 50 amostras apresentadas à rede. Prass e Brasil, por sua vez, mostram a complexidade de desenvolvimento de um jogo do gênero platformer utilizando o motor Unity.

Esperamos que os artigos publicados nesta edição possam servir de inspiração para outros pesquisadores e se constituam como referências em suas áreas de abrangência. Agradeço a todos os envolvidos nesta edição pela valorosa contribuição.

Boa leitura!

Prof. Dr. Fernando Pachi

FTT JOURNAL
of Engineering and Business

Tomada de decisão na escolha de fornecedores utilizando Analytic Hierarchy Process (AHP)

Decision making on supplier selection using Analytic Hierarchy Process (AHP)

Wagner Lourenzi Simões *(wsimões@ulbra.edu.br)*

Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos) e professor adjunto do curso de Engenharia de Produção da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA).

Tainã Lourenzi Simões *(tlourenzis@gmail.com)*

Bacharel em Design pela Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) e projetista mecânico.

FTT Journal of Engineering and Business. • SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

Setembro 2017• ISSN 2525-8729

Submissão: 25 mar. 2017. **Aceitação:** 26 jun.. 2017

Sistema de avaliação: às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE TECNOLOGIA TERMOMECANICA, p.4-16

Administração

Resumo

A seleção de fornecedores é um dos processos críticos da rotina de uma indústria. A seleção do fornecedor deve levar em conta, além dos aspectos técnicos do produto, aspectos estratégicos do negócio. A quantidade de critérios envolvidos nesta seleção pode tornar muito trabalhosa, e até mesmo, inviabilizar esta avaliação pelo decisor, à medida que o número de fornecedores cresce. Neste contexto, emergem como uma fonte de auxílio as técnicas de tomada de decisão multicritério, como o Analytic Hierarchy Process (AHP). Neste estudo, avalia-se a aplicação do AHP na tomada de decisão para a escolha de um fornecedor de partes metálicas para equipamentos elétricos. São considerados, além do custo e da qualidade, critérios estratégicos para o processo produtivo, como disponibilidade, localização do fornecedor e a capacidade de executar todo o processo produtivo do componente.

Palavras-chave: AHP. Decisão multicritério. Seleção de fornecedores. Gestão da cadeia de suprimentos.

Abstract

The selection of suppliers is one of the most critical processes of the industrial routine. The selection of suppliers should consider, in addition to the technical aspects of the product, the strategic aspects of this specific business. The number of criteria involved in this selection can make this task very difficult and may make this evaluation unfeasible by the decision maker due to the increase in the number of alternatives. In this context, multicriteria decision techniques such as the Analytical Hierarchy Process (AHP) emerge as a source of help. This study evaluated an application of AHP in decision making to select a supplier of metallic parts used in electrical equipment manufactured on demand. In addition to cost and quality, we consider production process criteria such as vendor availability, location and the capacity to do the whole process internally, without outsourced jobs.

Keywords: AHP. Multicriteria decision. Supplier selection. Supply chain management.

Introdução

Nenhuma empresa ou instituição é autossuficiente; elas dependem de outras empresas, terceiros e/ou parceiros para exercerem suas atividades. Elas necessitam de materiais, matérias-primas, equipamentos e máquinas para que seu sistema de produção continue operando normalmente (BASTOS, 2016). A crescente competição, com mercados acessados em nível global, permite às empresas acesso a uma grande quantidade de fornecedores com os mais diversos níveis técnicos, tanto de custos como de localização ao redor do mundo. Esta grande quantidade de informação acrescenta ainda mais complexidade à tarefa de selecionar um fornecedor. A seleção de fornecedores se configura como uma das atividades mais críticas para o estabelecimento de uma cadeia de suprimentos efetiva (JUNIOR, OSIRO & CARPINETTI, 2013), afetando o desempenho das organizações (THRULOGACHANTAR; ZAILANI, 2011), a flexibilidade do sistema de manufatura (NDUBISI et al., 2005), o resultado da implementação de programas de qualidade e de melhoria contínua e, consequentemente, a qualidade dos produtos gerados e o atendimento de requisitos dos clientes finais (GONZÁLEZ et al., 2004; Wang, 2010).

Muitos dos critérios a serem atendidos podem ser de natureza subjetiva, o que prejudica, e muitas vezes inviabiliza a aplicação de ferramentas matemáticas tradicionais da pesquisa operacional. Dada a importância estratégica que a seleção de fornecedores assume nas organizações e a grande complexidade decorrente do grande número de critérios a serem atendidos pela seleção, torna-se necessário o uso de ferramentas adequadas. Neste contexto, emergem os métodos de decisão multicritério (MCDM - *Multi Criteria Decision Making Methods*), desenvolvidos e estudados para a solução deste tipo de problema. Dentre estas ferramentas, pode-se citar o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (ARAHONOVITZ; VIEIRA, 2014), Análise da Envoltória de Dados (DEA) (DOBOS; VÖRÖSMARTY, 2014) e *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) (LIMA JUNIOR; CARPINETTI, 2015) dentre as várias opções que são encontradas na literatura.

Neste estudo, apresenta-se uma proposta de aplicação do AHP para a seleção de fornecedores de partes metálicas para uma empresa de manufatura de equipamentos elétricos produzidos sob demanda. A empresa opera em um ambiente produtivo de elevado mix de produção com baixo volume, o que dificulta a avaliação dos fornecedores com base nos métodos tradicionais como o controle estatístico de processo. Dadas estas características, frequentemente produtos customizados ou novos projetos são necessários, porém, a cada evento deste tipo, o profissional responsável pelas compras necessita de suporte dos departamentos de garantia da qualidade e engenharia, visto que os critérios de avaliação dos fornecedores não são claros. O modelo proposto está apoiado na escolha de seis critérios básicos de seleção, mas que, para uma comparação qualitativa, elevam sua complexidade, tornando-a pouco confiável e extremamente trabalhosa mesmo quando se lida com um número pequeno de fornecedores. Além disso, a subjetividade envolvida na decisão faz com que, por vezes, diferentes compradores tomem diferentes decisões. A proposta desenvolvida tem por objetivo uniformizar os critérios de avaliação dos fornecedores, tornando esta avaliação confiável, transparente, e dar maior autonomia ao profissional responsável

pelas compras. Baseado em avaliações qualitativas dos fornecedores e dos critérios fornecidas por especialistas da empresa, o responsável pela aquisição de materiais terá um parâmetro definido para a sua tomada de decisão e poderá decidir rapidamente e com maior grau de confiabilidade a qual fornecedor encarregar para a fabricação de determinado componente.

Seleção de fornecedores

Segundo estudos de Nokes e Sean (2007), Basnet e Weintraub (2009) e Ho, Xu e Dey (2010), o problema de seleção de fornecedores vem sendo fortemente debatido na literatura, sendo um tema de grande relevância atualmente nos setores produtivos. De acordo com Che e Wang (2008), a atividade de seleção de fornecedores é crucial para o sucesso da organização, influenciando na qualidade do produto final, nos custos e afetando os rendimentos da cadeia de produção em geral. Segundo Basnet e Weintraub (2009), as empresas vêm aumentando seu foco em seu negócio principal e terceirizando as outras atividades. Esse comportamento dá mais importância ao processo de seleção de fornecedores. Pequenas empresas tendem a selecionar seus parceiros pelo menor custo, porém grandes empresas devem selecionar seus fornecedores com mais cautela e com planos de longo prazo (BASTOS, 2016), considerando os impactos estratégicos dos fornecedores.

Para Giacon (2012), o problema de seleção de fornecedores tem natureza multicritério, por meio do qual se procuram vários atributos de um fornecedor, porém é comum sua resolução por métodos de objetivo único nos quais um atributo prioritário é otimizado e todos os demais são considerados restrições do modelo, apresentando, portanto, o mesmo peso na decisão, o que dificilmente acontece na realidade. Outra dificuldade encontrada nesse formato de abordagem é a quantificação dos atributos qualitativos (WADHWA; RAVINDRAN, 2007). Segundo Liu, Ding e Lall (2000), para que a etapa de seleção de fornecedores seja eficaz, originando assim uma parceria de sucesso entre comprador e fornecedor, faz-se necessário determinar os critérios de seleção a serem considerados em cada processo, pois são eles que vão determinar quais pontos devem ser confrontados entre os fornecedores interessados na parceria ofertada. Para Kahraman, Cebeci e Ulukan (2003), os critérios para seleção de fornecedores são medidas utilizadas na avaliação de alternativas para compras. A organização que faz essa compra precisa criar meios efetivos de medir cada um de seus critérios. Estes autores dividem os critérios de seleção de fornecedores em:

- Critérios relativos aos fornecedores: usados para avaliar se os fornecedores são adaptáveis às estratégias de fornecimento e da tecnologia da organização compradora, medindo assim aspectos importantes do negócio, como o poder financeiro, gerenciamento, capacidade produtiva, habilidades técnicas e os recursos de suporte do fornecedor.
- Critérios acerca dos produtos: usados para avaliar características funcionais importantes e verificar a usabilidade dos produtos a serem comprados. A definição dos critérios depende de quais produtos serão adquiridos.

- Critérios acerca do serviço: servem para avaliar os benefícios oferecidos pelos fornecedores, visto que qualquer compra envolve algum grau de serviço, podendo ser entrega, processamento de pedidos ou mesmo suporte.
- Critérios sobre custos: esta categoria é vista como a mais importante para as organizações, sendo entendida como o preço de compra, custo com tarifas, transportes, entre outros gastos que acabam influenciando e tornando este critério prioritário na maioria das organizações.

Para Viana e Alencar (2012), a atividade de seleção de fornecedores surge a partir da decisão gerencial de subcontratar fornecimentos ou serviços necessários para a operação da empresa. A qualidade dos serviços contratados influencia diretamente na capacidade de as organizações atenderem aos seus clientes. Com isso, os métodos de seleção de fornecedores tendem a ser reformulados a partir da necessidade de firmar contratos com fornecedores bem qualificados e capazes de oferecer suporte às estratégias organizacionais (VIANA; ALENCAR, 2012).

Métodos quantitativos de seleção de fornecedores

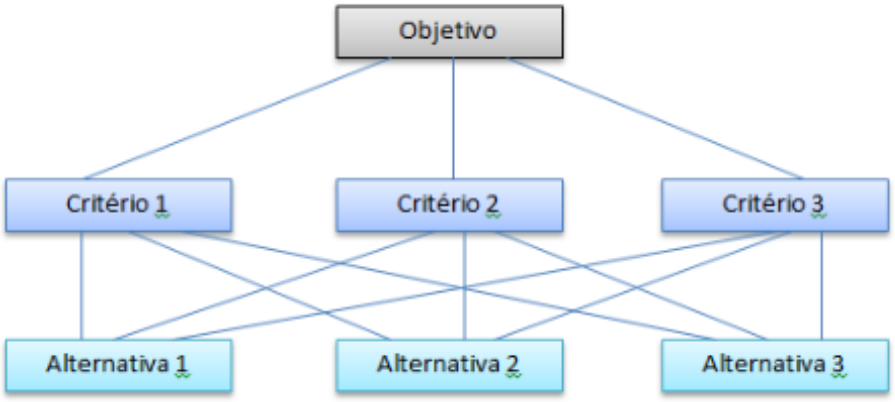
Na literatura, é possível encontrar muitos métodos de seleção de fornecedores, porém De Boer, Wegen e Telgen (1998) destacam que na fase de qualificação e seleção final, em geral, são utilizadas ferramentas quantitativas. Ho, Xu e Dey (2010), por sua vez, classificam os métodos em abordagens individuais e integradas. Nas abordagens individuais, os autores destacam os métodos de Análise da Envoltória de Dados (DEA), Programação Matemática e variações (Programação Linear, Inteira Linear, Inteira Não Linear, baseadas em metas e multiobjetivo), AHP e ANP, Algoritmo Genético, Lógica *Fuzzy*, Raciocínio Baseado em Casos (CBR) e SMART. Nas abordagens integradas, destacam-se as técnicas associadas ao AHP (binegociação, DEA, redes neurais, grey *relational analysis*, Programação Não Linear Inteira Mista, Programação Multiobjetivo) e aquelas que incorporam a Lógica Fuzzy em sua álgebra de cálculo matricial (AHP, Análise de Cluster, Programação Multiobjetivo, QFD, SMART, Algoritmo Genético). Chai, Liu e Ngai (2013) classificam-nos em três categorias: métodos multicritério de tomada de decisão, técnicas de programação matemática e técnicas de inteligência artificial. Existem atualmente diversos métodos de tomada de decisão multicritério, existindo também muitos *softwares* e ferramentas disponíveis neste campo (MARTTUNEN, BELTON & LIENERT, 2017). Marttunen, Belton e Lienert (2017) apontam como conceito-chave dos métodos de decisão multicritério a importância relativa dos critérios e objetivos, sendo que a interpretação destes pesos (importância) atribuídos varia de acordo com o método utilizado. Neste trabalho, aborda-se o uso do método multicritério de tomada de decisão AHP. Diferentes autores utilizam diferentes termos para os elementos destes métodos; por exemplo, os objetivos são frequentemente chamados de critérios ou atributos (MARTTUNEN, BELTON & LIENERT, 2017).

O método AHP

O método de análise hierárquica (AHP) foi introduzido na década de 1970 por Thomas Saaty (SAATY, 1980), enquanto ele trabalhava no departamento de defesa norte-americano, e tem sido, desde então, extensivamente utilizado para tomada de decisão multicritério, tendo sido estudado, aprimorado e refinado. Oferece um quadro abrangente e racional para estruturar um problema de decisão, para representar e quantificar os seus elementos, relacionando esses elementos com as metas globais na avaliação de soluções alternativas (SAATY, 1980).

O AHP é uma técnica de auxílio à tomada de decisão em ambientes complexos com bases matemática e psicológica (Gonçalo, 2012), com diversos critérios considerados para a priorização de alternativas. A partir do momento em que a hierarquia lógica se encontra construída, os tomadores de decisão avaliam de maneira sistemática as alternativas por meio da comparação aos pares, em relação a cada um dos critérios, utilizando dados concretos como forma de informação (SAATY, 2008). Uma vez definida a hierarquia lógica, também é realizado o processo de ordenação dos critérios, com o objetivo de determinar a importância relativa dentro de cada nível. Conforme apresentado na Figura 1, no AHP a representação de um problema de decisão é feita por meio de uma estrutura hierárquica com a finalidade de evidenciar os elementos básicos do problema.

Figura 1 – Representação da hierarquia do AHP



Fonte: Bastos (2016)

Na etapa de julgamento dos critérios, é realizada uma comparação par a par, confrontando em um primeiro momento os critérios estabelecidos e, em seguida, as alternativas disponíveis com base na escala fundamental de Saaty (SAATY, 1991), que é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Pontuação de intensidade de comparação (escala fundamental)

Intensidade	Pontuação	Intensidade	Pontuação
Igual importância	1	Igual importância	1
Um pouco mais importante	3	Um pouco menos importante	1/3
Muito mais importante	5	Muito menos importante	1/5
Fortemente mais importante	7	Fortemente menos importante	1/7
Absolutamente mais importante	9	Absolutamente menos importante	1/9
Valores intermediários		2, 4, 6 e 8	

Fonte: Adaptado de Saaty (1991)

Os pesos obtidos após estes julgamentos são dispostos na forma de uma matriz quadrada com cada linha e cada coluna de mesmo índice correspondendo a cada um dos elementos de decisão, a exemplo da Matriz (1).

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Uma vez formada a matriz, gera-se um somatório dos valores de cada linha, calculando-se em seguida a prioridade relativa, dividindo esta prioridade pelo número de itens considerados na matriz, sejam critérios ou alternativas. Na sequência, calcula-se o produto da matriz dos valores normalizados e os da prioridade, para obtenção do autovalor da matriz de comparação. A abordagem descrita representa o método aproximado, utilizado para resolver o problema de autovalores e autovetores, definido conforme a seguinte equação:

$$\boldsymbol{Ap} = \lambda_{max}\boldsymbol{p} \quad (2)$$

A é a matriz de comparações, λ_{max} é o maior autovalor dessa matriz e p é o autovetor direto. Após esse cálculo, Saaty (1991) propõe o cálculo do Índice de Consistência (IC) e do Quociente de Consistência (QC).

O AHP é amplamente utilizado na literatura em problemas de seleção de fornecedores. Trabalhos como o de Govindan et al. (2015) evidenciam isso ao demonstrar que, em sua revisão da literatura, 16,6% dos trabalhos e aplicações de seleção de fornecedores se valem do uso do AHP ou de alguma adaptação dele. Podem ser citados ainda trabalhos como o de Dweiri (2016), que apresenta uma abordagem integrada para a seleção de fornecedores em uma indústria automotiva, e Luthra et al. (2017), que desenvolveu um *framework* para seleção e avaliação de fornecedores sustentáveis. A facilidade de aplicação do AHP em ferramentas computacionais simples como o *MS Excel*, que exigem pouco investimento, são alguns dos fatores que favorecem esta prevalência no seu uso.

Procedimentos metodológicos

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica de fundamentação ao estudo, na qual foram identificadas as práticas recorrentes na literatura na solução do problema de seleção de fornecedor. Desta pesquisa resultaram os fundamentos teóricos apresentados anteriormente. Os dados utilizados para a avaliação da ferramenta de apoio à tomada de decisão proposta foram obtidos através de entrevista com especialista da empresa. O entrevistado é responsável pelo desenvolvimento de fornecedores de componentes mecânicos para novos produtos, bem como pela seleção destes fornecedores para cada projeto sob demanda, considerando as necessidades de prazo e qualidade de cada projeto. Através da entrevista, foram obtidos os critérios considerados na tomada de decisão por um fornecedor, bem como os pesos atribuídos a eles nos confrontos par a par. De forma análoga, foram obtidos os valores de desempenho das alternativas (fornecedores) avaliadas. Foram apontados pelo especialista seis critérios determinantes para a seleção do fornecedor, e para a avaliação foram submetidos três fornecedores de partes metálicas a estes critérios.

Uma vez obtidos os dados necessários, a ferramenta de apoio foi implementada em Microsoft Excel, seguindo os passos recomendados por Saaty (1991). A escolha do *software* para implementação da ferramenta deu-se por sua disponibilidade na empresa, excluindo assim a necessidade de novos investimentos em ferramentas computacionais, ao menos em sua fase experimental. Uma vez implementada a ferramenta, uma verificação foi realizada utilizando dados de três fornecedores de um mesmo componente metálico. Os resultados obtidos nesta avaliação são apresentados na próxima seção.

Apresentação dos resultados

Com base nos dados coletados na entrevista, preencheu-se a matriz de comparação critério x critério, apresentada no Quadro 1. O mesmo quadro apresenta os pesos calculados a partir da matriz.

Quadro 1 – Matriz de comparação critério x critério

	Preço	Disponibilidade	Prazo de entrega	Localização	Manufatura completa	Acabamento	Pesos
Preço	1	1/5	1/3	1/4	1/6	1/4	4,1%
Disponibilidade	5	1	5	5	1	1/3	21,9%
Prazo de entrega	3	1/5	1	1/3	1/5	1/5	6,0%
Localização	4	1/5	3	1	1/5	1/3	10,1%
Manufatura completa	6	1	5	5	1	1/3	22,6%
Acabamento	4	3	5	3	3	1	35,4%

Na sequência, preencheram-se as matrizes de comparação entre os fornecedores para cada critério, apresentadas no Quadro 2. A partir destas matrizes, foram obtidas as prioridades locais de cada fornecedor para cada critério, conforme é apresentado no mesmo quadro. A partir dos valores de prioridade local obtidos e dos pesos de cada critério calculados anteriormente, realiza-se a ordenação final do AHP. O Quadro 3 apresenta a ordenação final do AHP e a pontuação obtida pelos fornecedores avaliados.

Os resultados obtidos levam à solução de compromisso de seleção do fornecedor A. A pontuação obtida demonstra esta preferência. Os fornecedores B e C claramente não serão selecionados, mas na eventualidade de o fornecedor A se tornar impossibilitado por algum motivo, de fornecer, uma análise de sensibilidade se fará necessária para selecionar seu substituto, entre fornecedor B e fornecedor C, pois a pontuação de ambos é muito próxima. Uma análise de sensibilidade poderia indicar qual dos dois seria o mais indicado, assumindo-se que nenhum dos dois seja capaz de superar o fornecedor A. Outros métodos de análise e tomada de decisão multicritério, como os da família ELECTRE, são capazes de lidar melhor com estas situações de “empates”; testes futuros utilizando este método podem conduzir a resultados mais bem definidos.

O resultado apresentado no Quadro 3 foi comparado com as avaliações qualitativas realizadas pela empresa no seu procedimento de avaliação de fornecedores. A comparação indica que a ferramenta de apoio à tomada de decisão baseada em AHP corrobora os resultados das avaliações, porém proporciona o acesso a essa informação de forma mais rápida e sintética ao setor responsável pela aquisição dos componentes, provendo-lhe maior autonomia e confiabilidade no momento de realizar a compra. Identificou-se, porém, que, apesar de a ferramenta favorecer o processo, tornando-o mais célere, ela depende de uma rotina de atualização dos pesos que podem se modificar com a dinâmica do mercado. Isso exigirá que procedimentos sejam criados na rotina da organização para que atualizações periódicas desta ferramenta sejam realizadas, de forma a torná-la robusta e garantir a confiabilidade e autonomia dos compradores.

Quadro 2 – Matriz de comparação de fornecedores

Critério Preço				
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Prio local
Fornecedor A	1	2	3	53,90%
Fornecedor B	1/2	1	2	29,73%
Fornecedor C	1/3	1/2	1	16,38%
Critério Disponibilidade				
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Prio local
Fornecedor A	1	3	3	60,00%
Fornecedor B	1/3	1	1	20,00%
Fornecedor C	1/3	1	1	20,00%
Critério Prazo de entrega				
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Prio local
Fornecedor A	1	1/2	3	35,00%
Fornecedor B	2	1	2	47,78%
Fornecedor C	1/3	1/2	1	17,22%
Critério Localização				
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Prio local
Fornecedor A	1	3	1	42,86%
Fornecedor B	1/3	1	1/3	14,29%
Fornecedor C	1	3	1	42,86%
Critério Manufatura completa				
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Prio local
Fornecedor A	1	1	1	33,33%
Fornecedor B	1	1	1	33,33%
Fornecedor C	1	1	1	33,33%
Critério Acabamento				
	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Prio local
Fornecedor A	1	2	3	53,90%
Fornecedor B	1/2	1	2	29,73%
Fornecedor C	1/3	1/2	1	16,38%

Quadro 3 – Matriz de comparação critério x critério

Ordenação	Fornecedor	Pontuação
1	Fornecedor A	0,48
2	Fornecedor B	0,28
3	Fornecedor C	0,24

Dentre as implicações gerenciais, destacam-se a redução de burocracia na seleção de novos fornecedores, uma vez que estabelecidos os critérios, eles podem ser facilmente aplicados na avaliação das empresas candidatas a fornecimento. O estabelecimento destes critérios e a ferramenta de apoio à tomada de decisão permitem que todos os fornecedores sejam avaliados sob uma mesma perspectiva, o que impede que distorções na avaliação ou o benefício irregular de algum fornecedor possam ocorrer, dando maior confiabilidade e transparência a este processo de seleção. Para os profissionais, esta aplicação é uma importante ferramenta para a tomada de decisão em diversos níveis de indústria, pois possibilita a escolha por características de cada fornecedor, podendo estas características não serem as mesmas dependendo do tipo de produto que a empresa fabrica. Ferramentas que auxiliem nesta tomada de decisão auxiliam a empresa contratante a fazer a escolha do fornecedor que melhor se adeque às suas necessidades.

Considerações finais

O estudo realizado proporcionou a construção de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão baseada no AHP para a seleção de fornecedores. A solução de compromisso obtida pela ferramenta permite que o responsável pela aquisição de materiais tenha maiores subsídios no momento de tomar a decisão de encarregar um fornecedor pela fabricação de um determinado componente. Embora tenha sido apresentado apenas um caso de avaliação para itens metálicos, a metodologia aplicada permite a aplicação do AHP para a seleção de fornecedores de outros componentes, exigindo apenas que os critérios e pesos sejam preenchidos de forma a representar a situação destes componentes. O uso deste tipo de ferramenta dá mais autonomia ao decisor, uma vez que a avaliação, não sendo puramente qualitativa, e sim, baseada em parâmetros razoavelmente comparáveis, fazendo com que a confiabilidade da tomada de decisão aumente. A ferramenta proposta foi validada comparando-se fornecedores de um determinado componente metálico. Os fornecedores avaliados passaram por auditorias recentes nos seus processos, que corroboram os resultados obtidos, o que agrega maior confiabilidade a estes resultados.

A ampliação do uso deste tipo de ferramenta permite não só acréscimo de confiabilidade aos processos de avaliação de fornecedores e aquisição de materiais, como também proporcionam uma redução da mão de obra necessária. Uma vez estando estabelecida a ferramenta e todos os operadores devidamente instruídos a respeito do seu uso, a mão de obra necessária para a comparação de fornecedores resume-se à alimentação da ferramenta com as avaliações dos fornecedores e pesos dos critérios. É preciso, porém, ressaltar que o ambiente industrial é dinâmico e que um bom fornecedor poderá se tornar um mal fornecedor se estiver passando por algum problema técnico no seu processo, da mesma forma que um mal fornecedor poderá eventualmente promover melhorias em seu processo. Para que a ferramenta de decisão seja robusta e contemple estas mudanças, uma rotina de reavaliação periódica tanto dos fornecedores quanto dos pesos atribuídos aos critérios por parte dos especialistas da empresa deve ser estabelecida. Para se fazer comparações do desempenho do AHP com outras ferramentas neste tipo de aplicação, sugere-se a avaliação em relação a métodos capazes de lidar de forma melhor com resultados próximos de modo a se obter soluções mais bem definidas. Outro campo de estudo a ser explorado seria a integração deste tipo de ferramenta com outras ferramentas de tomada de decisão. É recomendável que estudos sejam aprofundados também nas boas práticas de avaliação de fornecedores e em métodos que melhor traduzam estas avaliações para os dados de entrada da ferramenta de tomada de decisão.

Referências

ARAHONOVITZ, M. C. S.; VIEIRA, J. G. V. *Proposta de modelo multicritério para seleção de fornecedores de serviços logísticos. Gepros: Gestão da Produção*, Operações e Sistemas, v. 9, n. 1, p. 9, 2014.

BASNET, C.; WEINTRAUB, A. A genetic algorithm for a bicriteria supplier selection problem. *International Transactions in Operational Research.* v. 16, p. 173-187, 2009.

BASTOS, R. de O. *Proposta de aprimoramento do processo de avaliação e seleção de fornecedores: uma aplicação ao caso do Instituto Federal do Tocantins*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2016.

CHAI, J.; LIU, J.N.K.; NGAI, E.W.T. Application of decision-making techniques in supplier selection: a systematic review of literature. *Expert Systems with Applications*, v. 40, n. 10, p. 3872-3885, 2013.

CHE, C.H; WANG, H.S. Supplier selection and supply quantity allocation of common and non-common parts with multiple criteria under multiple products. *Computers & Industrial Engineering*. n. 55, p. 110-113, 2008.

CHEN, C.; LIN, C.; HUANG, S. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. International Journal of Production Economics, v. 102, p. 289-301, 2006.

DE BOER, L.; WEGEN, L. V. D.; TELGEN, J. Outranking methods in support of supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, v. 4, p. 109-118, 1998.

DOBOS, I.; VÖRÖSMARTY, G. Green supplier selection and evaluation using DEA-type. *International Journal of Production Economics*, v. 157, p. 273–278, 2014.

DWEIRI, F.; KUMAR, S.; KHAN, S. A.; JAIN, V. Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. *Expert Systems with Applications*, v. 62, p. 273-283, 2016.

GIACON, Joice Cavalheiro Ribeiro. *Seleção de fornecedores por Análise de decisão multicritério e otimização combinatória considerando aspectos de logística e sustentabilidade.* Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GOVINDAN, K.; RAJENDRAN, S.; SARKIS, J.; MURUGESAN, P. Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 98, p. 66-83, 2015. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.06.046.

GONZÁLEZ, M. E. et al. Determining the importance of supplier selection process in manufacturing: a case study. *International. Journal of Physical Distribution & logistics Management*, v.34, p. 492-504, 2004.

LIMA JUNIOR, F. R.; CARPINETTI, L. C. R. A comparison between TOPSIS and Fuzzy-TOPSIS methods to support multicriteria decision making for supplier selection. *Gestão & Produção*, v. 22, n. 1, p. 17-34, 2015.

LIU, J.; DING, F-Y.; LALL, V. Using data envelopment analysis to compare suppliers for supplier selection and performance improvement. *Toronto: an International Journal*, 2000.

HO, W.; XU, X.; DEY, P.K. Multi-criteria decision-making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, v. 202, n. 1, p. 16-24, 2010.
JUNIOR, F. R. L., OSIRO, L., & CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. *Gestão & Produção*, *20*, 781-801, 2013.
KAHRAMAN, C.; CEBECI, U.; ULUKAN, Z. Multi-criteria supplier selection using fuzzy. *Logistics Information Management*. v. 16, p 382-304, 2003.
LUTHRA, S.; GONVIDAN, K.; KANNAN, D.; MANGLA, S. K.; GARG, C. P. An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *Journal of Cleaner Production*, v. 140, p. 1686-1698, 2017.
MARTTUNEN, M.; BELTON, V.; LIENERT, J. Are objectives hierarchy related biases observed in practice? A meta-analysis of environmental and energy applications of Multi-Criteria Decision Analysis. *European Journal of Operational Research*, 2017.
NDUBISI, N. O. et al. Supplier Selection and Management Strategies and Manufacturing Flexibility. The Journal of Enterprise Information Management, v. 18, p. 330-349, 2005.
NOKES, S.; SEAN, K. *The definitive guide to project management: the fast track to getting the job done on time and on budget*. Pearson Education: Prentice Hall Financial Times, 2007.
SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process:* planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill, 1980.
SAATY, T. L*. Método de análise hierárquica*. Makrom Books 2 Ed: Rio de Janeiro, 1991.
THRULOGACHANTAR, P.; ZAILANI, S. The influence of purchasing strategies on manufacturing performance*. Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 22, p. 641-663, 2011.
VIANA, J. C.; ALENCAR, L. H. Metodologias para seleção de fornecedores: uma revisão da literatura. *Produção*. v. 22, n.4, p. 625-636, 2012.
WADHWA, V.; RAVINDRAN, A.R. Vendor selection in outsourcing. *Computers & Operations Research*, v. 34, n.12, p. 3725-3737, 2007.
WANG, W. A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. *Applied Mathematical Modelling*, v. 34, p. 3130-3141, 2010.

FTT JOURNAL
of Engineering and Business

A IES FAZ DIFERENÇA? ANÁLISE DOS DETERMINANTES DE DESEMPENHO ACADÊMICO DOS CURSOS DE ADMINISTRAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS NO ENADE 2012

Does HEI make a difference? Analysis of the determinants of the academic performance of the administration courses of the public administration in Enade 2012

Cesar Alexandre de Souza (*calesou@usp.br*)

Doutor em Administração pela Universidade de São Paulo e professor do Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo (FEA-USP).

Valéria Feitosa de Moura *(valeria.feitosa.vv@usp.br)*

Mestranda em Administração na Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo (FEA-USP) e professora do curso de Administração da Faculdade de Tecnologia Termomecanica (FTT).

FTT Journal of Engineering and Business. • SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

Setembro 2017• ISSN 2525-8729

Submissão: 11 abr. 2017. **Aceitação:** 26 jun.. 2017

Sistema de avaliação: às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE TECNOLOGIA TERMOMECANICA, p.17 - 35

Administração

Resumo

Mensurar a qualidade da educação torna-se fator estratégico para as nações. Nesse cenário, os indicadores de desempenho estão sendo utilizados por diversos países para avaliar as universidades. No Brasil, essa avaliação é realizada por meio do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) que contempla o Exame Nacional de Avaliação do Desempenho do Estudante (Enade). O desempenho discente pode resultar de fatores de natureza muito diversa, com efeitos inter-relacionados. No entanto, quando levada em conta essa complexidade, é possível realizar pesquisas que auxiliem a formulação de políticas públicas e institucionais que visem à melhoria do ensino. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi identificar fatores determinantes do desempenho acadêmico de egressos dos cursos de administração de IES públicas no Enade. Para atender ao objetivo proposto, os dados foram avaliados com a técnica de Regressão Linear Múltipla no software SPSS (versão 18). Os resultados corroboram a literatura demonstrando que a formação anterior do estudante influencia mais substancialmente seu desempenho do que os recursos educacionais. No entanto, apesar dos fatores escolares explicarem uma porcentagem menor da variação da proficiência dos alunos, os fatores organização didático-pedagógica, percentual de professores doutores e regime de trabalho são apresentados como relevantes pelo resultado desse estudo.

Palavras-chave: Enade. Desempenho discente. Eficácia escolar. Administração.

Abstract

Measuring the quality of education becomes a strategic factor for nations. In this scenario, performance indicators are being used by several countries to evaluate universities. In Brazil, this evaluation is carried out through the National System for the Evaluation of Higher Education (SINAES), which includes the National Examination of Student Performance Evaluation (Enade). Student performance may result from factors of a very diverse nature, with interrelated effects. However, when this complexity is taken into account, it is possible to carry out researches that help to formulate public and institutional policies aimed at the improvement of education. Thus, the objective of this paper was to identify factors determining the academic performance of graduates of public HEI administration courses at Enade. To meet the proposed objective, the data were evaluated using the Multiple Linear Regression technique in SPSS software (version 18). The results corroborate the literature demonstrating that the previous training of the student influences more substantially its performance than the educational resources. However, although school factors explain a lower percentage of students' proficiency variation, the didactic-pedagogical organization, percentage of doctorate teachers, and labor regime are presented as relevant by the results of this study.

Keywords: Enade. Student performance. School effectiveness. Administration.

Introdução

Nas últimas duas décadas, a avaliação de instituições e cursos de educação superior ganhou destaque mundial, tanto com o objetivo de maximizar os benefícios sociais dos sistemas educacionais (BERTOLIN; MARCON, 2015) quanto para melhorar o crescimento econômico, pois a qualidade do ensino é entendida como uma variável importante para explicar tal crescimento (HANUSHEK; KIMKO, 2000; ANDRADE, 2011). Desse modo, tentar mensurar a qualidade da educação torna-se fator estratégico para as nações. Nesse cenário, os indicadores de desempenho estão sendo utilizados por diversos países para avaliar as universidades (BARBOSA; FREIRE; CRISÓSTOMO, 2011).

No Brasil, o Governo Federal, por meio do Ministério da Educação (MEC), instituiu, a partir de meados da década de 1990, um sistema de avaliação nacional dos cursos de graduação que após diversas alterações resultou no Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES), que contempla o Exame Nacional de Avaliação do Desempenho do Estudante (Enade). Muitas críticas são feitas a esse modelo de avaliação (BARBOSA; FREIRE; CRISÓSTOMO, 2011). Andrade (2011), por exemplo, questiona o método de ponderação dos três componentes da avaliação para o estabelecimento de uma nota única, bem como a falta de evidências de que o resultado do Enade sinalize efetivamente a competência do estudante. Já Bertolin & Marcon (2015) questionam o fato de que a sociedade entenda e use os resultados do Enade como sinônimo de qualidade. Para os autores, esta postura é um equívoco, pois não considera o fato de que estudos têm demonstrado que as diferenças entre os cursos pouco influenciam nos resultados obtidos pelos alunos. Esses estudos demonstram maior relevância do *background* no desempenho discente.

De fato, as pesquisas empíricas realizadas entre os anos de 1950 e 1960 nos Estados Unidos, na Inglaterra e na França apresentaram resultados que demonstravam que o desempenho dos alunos era determinado pelos elementos extraescolares e que, dessa forma, as escolas não tinham impacto na realidade acadêmica de seus alunos, independentemente da forma como estavam organizadas (SOARES, 2004). No entanto, a partir da década de 1970, estudos começaram a ser realizados para demonstrar que as escolas não devem ser tratadas como iguais, pois existiam diferenças na qualidade das escolas que afetavam seus resultados. (BROOKE; SOARES, 2008). Desse modo, as características que fazem com que determinadas escolas e salas de aula consigam propiciar melhores aprendizados do que os esperados para as condições sociais de alunos de mesma origem social passaram a ser o foco das pesquisas desenvolvidas na área (SOARES, 2004).

Efetivamente, o ponto de vista que prevalece na literatura é de que fatores familiares e a influência de grupos sociais interferem muito mais substancialmente no desempenho dos alunos do que os recursos educacionais propriamente ditos, que teriam uma participação apenas secundária nos resultados do aprendizado (NASCIMENTO, 2007). No entanto, apesar dos fatores escolares explicarem uma porcentagem menor da variação da proficiência dos alunos em relação ao *background* familiar, eles são suficientemente altos para provocar uma mudança na trajetória acadêmica do aluno (LUZ, 2006). Desse modo, fundamentando-se no ponto de vista de que, considerar

apenas os fatores familiares e sociais no desempenho escolar enfraquece a atuação do estado para investir e intervir na redução do déficit educacional e socioeconômico entre os estratos sociais (LUZ, 2006), o objetivo deste trabalho foi identificar fatores determinantes do desempenho acadêmico de egressos dos cursos de administração de IES públicas no Enade.

Alguns motivos justificam a escolha do objetivo e do objeto de pesquisa. Primeiramente, no Brasil, as pesquisas acerca dos fatores determinantes do desempenho dos estudantes na educação superior são raras (BERTOLIN & MARCON, 2015). Em segundo lugar, apesar de haver consenso quanto à dificuldade de se encontrar indicadores que sejam adequados e úteis no processo de avaliação das instituições de ensino superior, diferentes iniciativas de modelos de avaliação estão sendo propostas em diferentes países, demonstrando a importância que tem sido dada à questão (BARBOSA, FREIRE & CRISÓSTOMO, 2011), pois não há dúvida de que avaliar cursos e instituições da educação superior, inclusive por meio de exames aplicados aos estudantes como um dos instrumentos de um sistema mais amplo, é importante (BERTOLIN & MARCON, 2015). Em terceiro lugar, a identificação, compreensão e qualificação de todos os fatores intervenientes, sejam eles internos ou externos, são questões essenciais para a melhoria do rendimento acadêmico no ensino superior (FERREIRA, 2009). Em quarto lugar, grande relevância está sendo atribuída ao Enade, tornando relevante identificar formas de como as IES podem melhorá-lo (BITTENCOURT, CASARTELLI & RODRIGUES, 2009). Em quinto lugar, a avaliação dos componentes do Enade, separadamente, pode trazer informações úteis para diferentes *stakeholders* (BARBOSA, FREIRE & CRISÓSTOMO, 2011). Em sexto lugar, o curso de bacharelado em administração possui, de acordo com o censo de 2015, 12% de todos os alunos matriculados no ensino superior brasileiro (INEP, 2016), configurando um dos cursos com maior número de alunos matriculados no ensino superior. Desse modo, identificar fatores que possam melhorar os indicadores de qualidade desses cursos contribui, significativamente, para que se possa melhorar todo o desempenho do ensino superior brasileiro. Por fim, apesar da falta de conhecimento preciso sobre os fatores que efetivamente influenciam o desempenho de um aluno, pode-se esperar que uma boa gestão institucional seja um fator que possa favorecer o melhor desempenho discente (BARBOSA, FREIRE & CRISÓSTOMO, 2011).

Visando a atender aos objetivos propostos, a próxima seção apresenta a fundamentação teórica sobre determinantes do desempenho discente, conceitos e o histórico do Enade. A terceira seção apresenta a metodologia do estudo; a quarta seção apresenta os dados levantados e a análise realizada; e a quinta seção exibe as considerações finais a respeito das questões do estudo.

Referencial teórico

Eficácia escolar

O termo “eficácia escolar”, assim como a linha de pesquisa que leva o seu nome, refere-se aos estudos pedagógicos que buscam analisar quais processos trazem melhores resultados, ou seja, quais são mais eficazes. Desse modo, a pesquisa de eficácia escolar possui dois principais objetivos: o primeiro é conhecer a capacidade que têm as escolas de influir no desenvolvimento dos alunos, e o segundo é conhecer o que faz com que uma escola seja eficaz (TORRECILLA, 2008). Segundo Brooke e Soares (2008), essa linha de pesquisa teve origem no extenso trabalho realizado por James S. Coleman e seus colegas em meados da década de 1960. Conhecido como “Relatório Coleman”, o trabalho teve como objetivo descrever a distribuição diferencial das oportunidades educacionais nos Estados Unidos. As principais conclusões do trabalho realizado por Coleman mostraram que as escolas não variavam tanto conforme pressupunha o objetivo inicial do trabalho e que, mesmo quando havia diferenças quanto ao seu financiamento, equipamentos e currículos, elas pareciam não explicar a variação no desempenho dos alunos, pois as diferenças no desempenho dos alunos eram explicadas pelas diferenças socioeconômicas entre eles. Após seis anos da publicação do Relatório Coleman, o trabalho recebeu o selo de aprovação da Academia Harvard por meio do livro organizado pelos autores Frederick Mosteller e Daniel P. Moynihan, o que tornou mais fácil se chegar à conclusão de que “a escola não faz diferença”. Em 1932, outro pesquisador de renome, Jencks, com a colaboração de sete colegas de Harvard, por meio de seu livro, já afirmava que as diferenças entre as escolas não são responsáveis pelo sucesso do aluno em termos do seu aproveitamento educacional (BROOKE; SOARES, 2008). De acordo com Soares (2004), além das pesquisas realizadas nos Estados Unidos, as pesquisas realizadas na Inglaterra, apresentadas no “Relatório Plowden”, e na França, realizadas pelo Instituto Nacional de Estudos Demográficos (INED), também chegaram à conclusão de que a escola teria pouco impacto no desempenho dos alunos, gerando um forte pessimismo pedagógico.

No entanto, já na década de 1970 começaram a aparecer trabalhos com a finalidade de combater a nova ortodoxia de que “a escola não faz diferença”. Esses trabalhos consideravam a grande relevância dos antecedentes sociais e econômicos dos alunos para explicar seu desempenho. No entanto, tentaram mostrar que as escolas não podem ser tratadas como iguais, pois existiam diferenças na qualidade das escolas que afetavam seus resultados. Para esses pesquisadores, essas diferenças não foram evidenciadas nas pesquisas anteriores por problemas metodológicos como, por exemplo, a utilização da análise “insumo-produto” que considera a escola como produtor automático de resultados a partir dos insumos, eliminando da equação a verdadeira contribuição da escola, além de impossibilitar a observação dos processos internos por parte do pesquisador à medida que os considera como uma caixa-preta. Críticas foram feitas também com relação à escolha das variáveis e à ambiguidade de suas definições; a tendência em optar por variáveis de mensuração, mais fáceis de serem alteradas por meio de políticas e que não são necessariamente as mais

importantes para explicar os resultados da escola; a concentração nas medidas de resultados compostas quase que exclusivamente por testes padronizados de desempenho não considerando os diversos tipos de resultado escolar, e a dificuldade estatística de se distinguir os efeitos das diferentes variáveis (BROOKE; SOARES, 2008).

Assim, as críticas aos métodos de pesquisa empregados anteriormente marcam o fim do pessimismo pedagógico; portanto, as características que fazem com que determinadas escolas e salas de aula consigam propiciar melhores aprendizados que os esperados para as condições sociais de alunos de mesma origem social passaram a ser o foco das pesquisas desenvolvidas na área, chamadas de "escola eficaz" (SOARES, 2004). Desse modo, é possível observar que existem duas principais correntes de pensamento com relação aos determinantes do rendimento escolar: a de que "a escola não faz a diferença", ou seja, somente os fatores extraescolares são relevantes e a de que "a escola faz diferença", ou seja, os fatores intraescolares também são relevantes.

Soares (2004) divide os fatores intraescolares em recursos, que estão relacionados aos recursos financeiros ou que deles dependem: a administração, que contempla as estruturas de chefia, liderança e coordenação presentes na escola, e a relação com a comunidade. Outra classificação dos fatores intraescolares é realizada por Faria (2009), que declara que na literatura brasileira os fatores associados à eficácia escolar podem ser descritos em cinco categorias: organização e gestão da escola, que contempla a liderança do diretor e a responsabilidade coletiva dos docentes; clima acadêmico, que considera a ênfase no ensino e na aprendizagem relacionada a práticas escolares e características como passar e corrigir dever de casa, exigência, interesse e dedicação do professor; ênfase pedagógica, que trata os métodos ativos de ensino e estilo docente; formação e salário docente, que engloba titulação do professor e salário e os recursos escolares em que são considerados a existência e o estado de conservação do prédio, dos equipamentos escolares e o uso e conservação de laboratórios e de espaços pedagógicos adicionais.

As pesquisas sobre os determinantes do desempenho discente

Autores como Bifulco e Ladd (2006), Biondi e Felício (2007), Andrade e Soares (2008), Curi e Menezes-Filho (2009), Cadaval (2010) e Gashi e Mojsoska-Blazevski (2016) dedicaram suas pesquisas para identificar os determinantes do desempenho escolar na educação básica. No entanto, no ensino superior, essas pesquisas ainda são incipientes (BERTOLIN & MARCON, 2015). Ferreira (2009), ao realizar uma revisão da literatura sobre os determinantes do desempenho acadêmico nas IES de Portugal, destacou os seguintes fatores como mais relevantes: preparação pedagógica dos professores, adaptação dos alunos ao ensino superior, alterações sócio-afetivas dos alunos decorrentes do distanciamento familiar e de amigos, massificação do ensino, capacidade da universidade para se adaptar a um novo perfil de alunos e reinventar o processo ensino-aprendizagem, vivências e referências extracurriculares dos jovens que frequentam o ensino superior e o processo de comunicação entre alunos e professores. O autor considera, diante dessas variáveis, que a melhoria do desempenho dos

estudantes não advém da simples diminuição do número de alunos, mesmo que signifique aumento da disponibilidade de professores, mas que, para obter resultados positivos, é necessário que as instituições tenham capacidade para reorganizar suas estruturas e dinâmicas pedagógicas ajustadas às necessidades do ensino superior atual, envolvendo atividade científica, infraestrutura e equipamento, além de uma cultura universitária aprofundada e moderna.

Barbosa, Freire e Crisóstomo (2011) analisaram os possíveis efeitos da gestão das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) no desempenho de seus egressos no Enade de 2006 a 2008 e identificaram que o maior custo por aluno, o maior grau de participação estudantil, o maior conceito dos cursos de pós-graduação e o maior índice de qualificação do corpo docente possuem efeitos positivos no desempenho e, que por outro lado, a maior proporção de professores e funcionários com relação ao contingente discente não apresentou o resultado positivo esperado. Ao avaliar o desempenho dos egressos de cursos de Biologia de escolas estaduais e municipais de São Paulo nas edições 2005 e 2008 do Enade, Cortelazzo e Ribeiro (2013) concluíram que as instituições públicas federais e estaduais têm melhor desempenho na avaliação e que as diferenças de carga horária dos cursos não foram responsáveis por diferenças significativas de desempenho. Resultado semelhante foi obtido por Nicolini, Andrade & Torres (2013) que, ao compararem o desempenho acadêmico de egressos do curso de Administração de universidades, centros universitários e faculdades, públicas e privadas, por tipo de instituição de ensino superior e pelo número de estudantes nelas matriculados, concluem que, apesar das instituições públicas nem sempre possuírem os melhores resultados em geral, os melhores profissionais continuam saindo dessas instituições. Os autores concluíram ainda que universidades são bem melhores que centros universitários e estes são ainda melhores que as faculdades isoladas.

Avaliando quanto o desempenho acadêmico dos discentes do curso de Ciências Contábeis de uma IES privada é explicado pelas variáveis: frequência às aulas, idade, sexo, natureza da disciplina (qualitativa ou quantitativa), tipo de disciplina (formação básica ou específica), situação ao final da disciplina, período letivo e campus da IES, Alberto, Araújo, Camargos, Castro, Camargos e Dias (2014) concluíram que, conforme aumenta a idade dos alunos, o desempenho tende a melhorar; discentes do sexo feminino apresentaram notas maiores que os do sexo masculino; os estudantes revelaram melhor desempenho (notas mais elevadas) nas disciplinas de natureza qualitativa e específicas; quanto maior o status final nas disciplinas, menor a nota dos estudantes; quanto mais avançado o período letivo de curso do aluno, maiores são as notas; existem diferenças de notas dos alunos em relação ao campus da IES; e, à medida que aumenta o número de faltas, ao contrário do que era esperado, percebe-se uma melhora no desempenho dos discentes, especificamente para disciplinas qualitativas.

É possível observar que o desempenho discente pode resultar de fatores de natureza muito diversa, com efeitos inter-relacionados referentes a professores e alunos, aos currículos, às instituições e aos contextos, sendo de natureza pedagógica, social, cultural e econômica, e que, portanto, são difíceis de anular ou atenuar (FERREIRA, 2009). No entanto, quando levada em conta a complexidade de se determinar o desempenho discente, é possível realizar pesquisas que auxiliem a formulação de políticas públicas e institucionais que visem à melhoria do ensino.

Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Superior (SINAES)

Desde 1996, o ensino superior brasileiro é objeto de avaliações de larga escala com a instituição do Exame Nacional de Cursos – o Provão -, como ficou mais conhecido. A concepção desse modelo de avaliação era de que o desempenho dos alunos nas provas deveria refletir a qualidade do ensino, o que o tornou alvo de muitas críticas, tanto de alunos, quanto de professores, que argumentavam que um exame realizado unicamente no final do curso não refletia a realidade do processo de formação acadêmica (BITTENCOURT; CASARTELLI; RODRIGUES, 2009).

Em 2004, o Provão foi substituído pelo Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Superior (SINAES), visando atenuar as deficiências que estavam presentes no modelo anterior como, por exemplo, o fato de que não contemplava as particularidades de cada instituição (PEDERNEIRAS; LOPES; RIBEIRO FILHO; FEITOSA, 2011). Desse modo, o SINAES foi implantado com a concepção de que em cada escola existe uma possibilidade diferenciada e, portanto, estabelece pontos que contemplam a análise global e integrada das dimensões, estruturas, relações, compromisso social, atividades, finalidades e responsabilidades sociais das IES e dos cursos a elas vinculados (BRITO, 2008).

O SINAES, criado pela Lei nº 10.861 (BRASIL, 2004), é constituído pela avaliação das instituições, dos cursos e do desempenho dos estudantes buscando avaliar todos os aspectos que giram em torno desses três eixos, principalmente o ensino, a pesquisa, a extensão, a responsabilidade social, o desempenho dos alunos, a gestão da instituição, o corpo docente e as instalações (INEP, 2015a). Para a avaliação das instituições, entre os instrumentos e procedimentos utilizados, estão as autoavaliações e a avaliação externa *in loco*, resultando na aplicação de conceitos ordenados em uma escala com 5 níveis. Já para a avaliação dos cursos, utilizam-se as visitas por comissões de especialistas das respectivas áreas do conhecimento, resultando, também, na atribuição de um conceito com escala de 5 níveis. Por fim, a avaliação do desempenho dos estudantes dos cursos de graduação é realizada pela aplicação do Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade), que deve ser aplicado aos alunos de todos os cursos de graduação ao final do primeiro e do último ano de curso (Brasil, 2004).

Atendendo aos parâmetros da Lei 10.861, são obtidos indicadores de qualidade que são expressos em escalas contínuas e em cinco níveis, divididos em três frentes: o Conceito Preliminar de Curso (CPC), que é resultante da avaliação dos cursos superiores; o Índice Geral de Cursos (IGC), que é o conceito resultante da avaliação das instituições de educação superior e o Enade, que é o resultado da avaliação do desempenho dos estudantes. Resultados iguais ou superiores a 3 indicam qualidade satisfatória (INEP, 2015b).

O IGC é calculado por IES e é resultante da média ponderada das notas contínuas de CPCs dos cursos de graduação e dos conceitos Capes de programas de pós-graduação *stricto sensu.* Caso a IES não possua cursos ou programas de pós-graduação *strictu sensu*, calcula-se apenas a média ponderada dos cursos de graduação (INEP, 2015e). O CPC é calculado para cada unidade de observação, constituída pelo conjunto de cursos

que compõem uma área de avaliação específica do Enade de uma mesma IES em um determinado município. É constituído de oito componentes, agrupados em três dimensões que se destinam a avaliar a qualidade dos cursos de graduação: (a) desempenho dos estudantes, mensurado a partir das notas dos estudantes concluintes no Enade e dos valores do Indicador da Diferença entre os Desempenhos Observado e Esperado (IDD); (b) corpo docente, baseado em informações obtidas a partir do Censo da Educação Superior sobre a titulação e o regime de trabalho dos docentes vinculados aos cursos avaliados e (c) condições oferecidas para o desenvolvimento do processo formativo, obtidas por meio do levantamento de informações do questionário socioeconômico aplicado no Enade, relativas à percepção do discente quanto à organização didático-pedagógica, à infraestrutura e instalações físicas e às oportunidades de ampliação da formação acadêmica e profissional (INEP, 2015d). O conceito Enade é calculado para cada unidade de observação, constituída pelo conjunto de cursos que compõem uma área de avaliação específica do Enade de uma mesma IES em um determinado município e considera apenas o desempenho dos estudantes concluintes inscritos na condição de regulares, que compareceram ao exame (INEP, 2015c).

Como é possível observar, o SINAES é um processo completo de avaliação. No entanto, maior destaque é atribuído ao Enade, tanto pelas IES quanto pela mídia (BITTENCOURT; CASARTELLI; RODRIGUES, 2009).

Os cursos de bacharelado em Administração no Brasil

Os primeiros cursos de Administração brasileiros foram instituídos na década de 1940, decorrentes da necessidade de formação de pessoal especializado em um momento em que a sociedade passava de um estágio agrário para a industrialização. Primeiramente, foi instituído na Escola Superior de Administração de Negócios – ESAN - SP, inspirado no modelo do curso da *Graduate School of Business Administration* da Universidade de Harvard, cuja primeira turma foi iniciada em 1941. Em 1946, foi criada a Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – FEA – USP -, que, apesar de ministrar cursos de Ciências Econômicas e de Ciências Contábeis, já possuía algumas matérias ligadas à Administração. A FEA - USP passou a oferecer cursos de administração a partir e 1963 (CONSELHO FEDERAL DE ADMINISTRAÇÃO– CFA, s.d; CONSELHO REGIONAL DE ADMINISTRAÇÃO DA BAHIA – CRA/BA, s.d).

Um grande marco para os cursos de Administração no país foi a criação da Escola Brasileira de Administração de Empresas de São Paulo – EAESP -, vinculada à Fundação Getúlio Vargas (FGV), que instituiu o primeiro currículo especializado em Administração, utilizado como referência para outros cursos que passaram a ser desenvolvidos no país (CRA/BA, s.d).

Em 1965, é regulamentada, por meio da Lei nº 4.769, de 9 de setembro de 1965, a profissão de Administrador e, em 1966, é estabelecido o primeiro currículo mínimo para os cursos de administração. Em 2003, as Novas Diretrizes Curriculares para o Curso de Graduação em Administração (DCN) são homologadas pelo Ministério da Educação (MEC) por meio do Parecer CES/CNE nº 134, de 7/06/2003. Em 2005, a Resolução nº 4,

de 13/07/2005, determina que o nome do curso é “Bacharelado em Administração” e as linhas de formação específica, nas diversas áreas da Administração, não poderão mais constituir uma extensão ao nome do curso, nem se caracterizarem como uma habilitação, devendo apenas constar no projeto pedagógico (CRA/BA, s.d). De acordo com essa resolução, as seguintes competências e habilidades são requisitos mínimos para o profissional formado em administração:

> I - reconhecer e definir problemas, equacionar soluções, pensar estrategicamente, introduzir modificações no processo produtivo, atuar preventivamente, transferir e generalizar conhecimentos e exercer, em diferentes graus de complexidade, o processo da tomada de decisão; II - desenvolver expressão e comunicação compatíveis com o exercício profissional, inclusive nos processos de negociação e nas comunicações interpessoais ou intergrupais; III - refletir e atuar criticamente sobre a esfera da produção, compreendendo sua posição e função na estrutura produtiva sob seu controle e gerenciamento; IV - desenvolver raciocínio lógico, crítico e analítico para operar com valores e formulações matemáticas presentes nas relações formais e causais entre fenômenos produtivos, administrativos e de controle, bem assim expressando-se de modo crítico e criativo diante dos diferentes contextos organizacionais e sociais; V - ter iniciativa, criatividade, determinação, vontade política e administrativa, vontade de aprender, abertura às mudanças e consciência da qualidade e das implicações éticas do seu exercício profissional; VI - desenvolver capacidade de transferir conhecimentos da vida e da experiência cotidianas para o ambiente de trabalho e do seu campo de atuação profissional, em diferentes modelos organizacionais, revelando-se profissional adaptável; VII - desenvolver capacidade para elaborar, implementar e consolidar projetos em organizações; e VIII - desenvolver capacidade para realizar consultoria em gestão e administração, pareceres e perícias administrativas, gerenciais, organizacionais, estratégicos e operacionais (BRASIL, 2005).

Atualmente, as seguintes organizações estão evolvidas com o ensino de Administração no Brasil:

- CFA – Conselho Federal de Administração;
- CRA – Conselhos Regionais de Administração;
- ANGRAD – Associação Nacional dos Cursos de Graduação em Administração;
- INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais;
- ANPAD - Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração;
- CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior.

O ensino de Administração ocupa dimensão significativa no ensino superior brasileiro, evoluindo de apenas 2 cursos até a década de 1.960 para 1.710 cursos em 2013, conforme é possível observar na Tabela 1.

Tabela 1: Resumo da evolução dos cursos de Administração no Brasil

Ano	IES	Matrículas	Concluintes
Antes de 1960	2	N/I	N/I
1960	31	N/I	N/I
1970	164	66.829	5.276
1980	247	134.742	21.746
1990	320	174.330	22.394
2000	821	338.789	35.658
2002	1.158	493.104	54.656
2003	1.710	576.305	64.792

Fonte: CRA/BA, s.d

Metodologia

Caracterização do estudo e do objeto de pesquisa

Este estudo caracteriza-se como descritivo e quantitativo. Os dados de análise são secundários e foram obtidos na planilha de cálculo do CPC disponível no site do INEP para o ano de 2012. Nessa edição, foram avaliadas as seguintes áreas: Administração, Ciências Contábeis, Ciências Econômicas, Design, Direito, Jornalismo, Psicologia, Publicidade e Propaganda, Relações Internacionais, Secretariado Executivo, Tecnologia em Gestão Comercial, Tecnologia em Gestão de Recursos Humanos, Tecnologia em Gestão Financeira, Tecnologia em Logística, Tecnologia em Marketing, Tecnologia em Processos Gerenciais e Turismo, totalizando a avaliação de 469.460 alunos de todas as regiões do país. Do total de avaliados, 30% são alunos oriundos do curso de Administração, justificando, portanto, a escolha desse curso como objeto de estudo. Optou-se ainda por analisar as IES públicas, tendo em vista o maior impacto das políticas públicas nessas instituições.

Das 38 variáveis que compõem a planilha de cálculo do CPC foram selecionadas 8 variáveis que compreendem o escopo deste estudo, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: variáveis analisadas no estudo

Código	Variável	Tipo	Justificativa
Y	Nota de concluintes (ENADE)	Dependente	Indicador que representa o desempenho dos estudantes egressos dos cursos.
X1	Nota dos ingressantes no Enem	Independente	Identificar o impacto dos fatores extraescolares no desempenho dos alunos.
X2	Escolaridade dos pais (superior) dos ingressantes no Enem	Independente	Identificar o impacto dos fatores extraescolares no desempenho dos alunos.
X3	Infraestrutura e instalações físicas[1,2]	Independente	Identificar se existem diferenças nos resultados acadêmicos decorrentes das condições da infraestrutura e instalações físicas.
X4	Organização didático-pedagógica[1,2]	Independente	Identificar se existem diferenças nos resultados acadêmicos decorrentes da organização didático-pedagógica.
X5	Doutores[1,3]	Independente	Identificar se existem diferenças nos resultados acadêmicos decorrentes da qualificação docente.
X6	Mestres[1,3]	Independente	Identificar se existem diferenças nos resultados acadêmicos decorrentes da qualificação docente.
X7	Regime de trabalho[1,3]	Independente	Identificar se existem diferenças nos resultados acadêmicos decorrentes do tempo de dedicação do professor ao curso.

Notas: [1]foram utilizados os dados padronizados desses indicadores disponíveis na planilha.
[2]Os dados são obtidos por meio do questionário do estudante contemplado no Enade, portanto, representam a percepção do discente.
[3]Os dados são obtidos por meio do censo do ensino superior.

Tratamento e análise de dados

A planilha de CPC de 2012 possui 1704 cursos de Administração avaliados, sendo 234 cursos de instituições públicas. Dos 234 cursos de instituições públicas, 40 cursos foram excluídos por não possuírem o indicador "Nota de concluintes" e 11 cursos foram excluídos por não possuírem o indicador "Nota dos ingressantes no Enem", resultando em 183 cursos, cujos indicadores foram organizados em uma base de dados do SPSS (versão 18) para a realização das análises estatísticas.

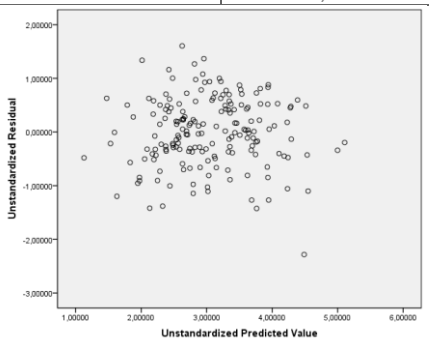
Na amostra dos 183 cursos não foram identificados dados atípicos (*outliers*) e a distribuição é normal, conforme demonstrado nos testes Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-wilk, cujas significâncias resultaram, respectivamente, em 0,055 e 0,177, aceitando, portanto, a hipótese nula de que os dados são normais.

Para atender aos objetivos propostos optou-se pela técnica estatística de Regressão Múltipla, uma técnica multivariada muito útil quando o objetivo é predizer o valor de uma ou mais variáveis com base nas observações de outras variáveis (GOUVÊA, PREARO & ROMEIRO, 2012).

A aplicação da técnica de Regressão Múltipla pressupõe a análise de algumas premissas, conforme apresentado por Gouvêa, Prearo & Romeiro (2012): ausência de multicolinearidade, homoscedasticidade, normalidade multivariada, ausência de erros

correlacionados. A Tabela 2 apresenta a demonstração de atendimento a todas as premissas requeridas.

Tabela 2: Demonstração de atendimento às premissas da técnica de regressão linear

Premissa	Teste estatístico	Parâmetro	Resultados	
Ausência de multicolinearidade	Variance inflation factor (VIF) (Gouvêa, Prearo & Romeiro, 2012)	< 5,0 (Hair, 2005)	Variável	VIF
			X1	3,125
			X2	2,285
			X3	1,541
			X4	1,493
			X5	2,464
			X6	2,158
			X7	1,299
Homoscedasticidade	Gráfico de resíduos (erros) contra os valores estimados pela equação (Gouvêa, Prearo & Romeiro, 2012)	Variância constante dos erros		
Normalidade multivariada	Kolmogorov-Smirnov (Gouvêa, Prearo & Romeiro, 2012)	> 0,05 (significância)	0,200	
	Shapiro-Wilk (Gouvêa, Prearo & Romeiro, 2012)	> 0,05 (significância)	0,363	
Ausência de erros correlacionados	Durbin-watson (Gouvêa, Prearo & Romeiro, 2012)	Valores próximos de 2	1,82	

Concluída a análise das premissas, a análise da regressão ocorreu conforme passos recomendados por Hair (2005). Os resultados são apresentados na seção seguinte.

Apresentação e discussão dos resultados

A análise da regressão ocorreu por meio dos seguintes passos: inicialmente foi verificada a significância do modelo de regressão global usando a estatística F; posteriormente foi verificado o valor de R e, por fim, foi verificada a significância de cada variável, excluindo as variáveis que não são significativas para nova aplicação do modelo e análise dos resultados.

Avaliando os resultados do teste F na Tabela 3, é possível identificar que os resultados das relações apresentadas no modelo são verdadeiras (HAIR, 2005).

Tabela 3: Resultados da Estatística F

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	95,599	7	13,657	32,648	,000
	Residual	73,204	175	,418		
	Total	168,803	182			

Avaliando o R,[2] é possível identificar que 56,6% da variação das notas dos alunos no Enade (variável Y) é explicada pelas variáveis independentes. No entanto, apesar desse resultado ser expressivo, ao avaliar a significância de cada variável, foi possível identificar que as variáveis X2, X3 e X6 devem ser excluídas do modelo, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Avaliação da significância das variáveis

Variáveis	t	Sig.	Parâmetro
X1	7,690	,000	<0,05
X2	-1,279	,203	<0,05
X3	-,527	,599	<0,05
X4	2,586	,011	<0,05
X5	1,965	,051	<0,05
X6	-,293	,770	<0,05
X7	2,170	,031	<0,05

Os resultados decorrentes da exclusão das variáveis X2, X3 e X6 são apresentados e analisados na subseção seguinte.

Apresentação do modelo com ajuste das variáveis

Após a exclusão das variáveis não significantes estatisticamente, o teste F continua demonstrando que as relações do modelo são verdadeiras, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Teste F para o novo modelo

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	94,716	4	23,679	56,891	,000
	Residual	74,087	178	,416		
	Total	168,803	182			

Juntas, as variáveis X1, X4, X5 e X7 explicam 56,1% da variação do desempenho dos alunos no Enade (variável Y) e, conforme apresentado pela literatura, é possível identificar maior relevância de variáveis externas à IES para o desempenho discente. Conforme é possível verificar na Tabela 6, o indicador beta demonstra maior relevância da variável "Nota dos ingressantes no ENEM" para explicar a variação do desempenho dos alunos no Enade. Esse resultado é compatível com os achados de Souza (2010), que, ao avaliar as variáveis determinantes do desempenho dos cursos de Ciências Contábeis no exame de 2006, concluiu que a variável de maior influência no desempenho dos cursos é o nível da formação dos estudantes antes do seu ingresso na educação superior.

Tabela 6 : Indicadores relacionados às variáveis do modelo final de regressão

Variáveis	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
X2	,118	,014	,609	8,592	,000
X5	,013	,005	,141	2,760	,006
X6	,005	,003	,130	1,930	,055
X8	,004	,002	,117	2,135	,034

Apesar de maior relevância referente à formação anterior dos alunos, variáveis relacionadas à gestão da IES, como a organização didático-pedagógica, o percentual de professores doutores e o regime de trabalho apresentam relevância e devem ser alvo de políticas públicas e ações dos dirigentes dessas instituições. Esses resultados são compatíveis com pesquisas anteriores que demonstram a relevância da qualificação docente (BARBOSA, FREIRE & CRISÓSTOMO, 2011) e das dinâmicas pedagógicas ajustadas às necessidades do ensino superior atual (FERREIRA, 2009).

Considerações finais

A revisão da literatura especializada permitiu identificar que diversos fatores podem influir no desempenho acadêmico dos discentes e que os resultados de estudos sobre eficácia escolar têm evidenciado a importância dos fatores intraescolares no desempenho acadêmico dos alunos. Desse modo, quando levada em conta a complexidade de se determinar o desempenho discente, é possível realizar pesquisas que auxiliem a formulação de políticas públicas e institucionais que visem à melhoria do ensino. Assim, o objetivo deste estudo foi identificar fatores determinantes do desempenho acadêmico de egressos dos cursos de administração de IES públicas no Enade. Para atender ao objetivo proposto, foram avaliadas 8 variáveis que compõem o CPC de 183 cursos de Administração de instituições públicas avaliados no ano de 2012. Para análise dos dados optou-se pela técnica estatística de Regressão Múltipla, uma técnica multivariada muito útil quando o objetivo é predizer o valor de uma ou mais variáveis com base nas observações de outras variáveis.

Os resultados deste estudo corroboram a literatura ao demonstrarem que a formação anterior do estudante influencia mais substancialmente seu desempenho do que os recursos educacionais. No entanto, apesar de os fatores escolares explicarem uma porcentagem menor da variação da proficiência dos alunos, eles são suficientemente altos para provocar uma mudança na trajetória acadêmica do aluno (LUZ, 2006) e, portanto, devem ser alvo de políticas públicas e ações dos dirigentes dessas instituições. Os fatores internos às IES apresentados como relevantes pelo resultado desse estudo são a organização didático-pedagógica, o percentual de professores doutores e o regime

de trabalho. Observa-se, portanto, que as políticas públicas no ensino superior, principalmente voltadas para o ensino de Administração, devem enfatizar a organização didático-pedagógica, a formação docente e o regime de trabalho em tempo parcial e/ou integral, pois ao aumentar a exigência quanto a esses parâmetros, resultados positivos no desempenho dos alunos serão alcançados.

Contrariamente ao esperado, a variável “Infraestrutura e Instalações Físicas” não apresentou impacto significante no desempenho dos alunos, assim como pesquisas anteriores demonstraram que a maior proporção de professores e funcionários com relação ao contingente discente e o número de faltas dos alunos não apresentam as relações esperadas. Possivelmente, esses resultados podem ser explicados por meio da avaliação profunda relacionada a cada tipo de curso, pois as necessidades de recursos, processos de gestão e perfil dos alunos podem diferir significativamente entre os diversos cursos de ensino superior existentes. Assim, por exemplo, cursos que exijam um maior número de aulas práticas em laboratório podem ter o desempenho dos alunos mais afetado pela infraestrutura. Nesse contexto, torna-se conveniente a ampliação do estudo com relação ao escopo de cursos. Da mesma forma, passa a ser relevante também a ampliação da avaliação das categorias administrativas bem como em relação ao aspecto temporal.

Referências

ARAÚJO, E. A. T. et al. Desempenho acadêmico de discentes do curso de ciências contábeis: uma análise dos seus fatores determinantes em uma IES privada. *Contabilidade Vista & Revista*, v. 24, n. 1, p. 60-83, 2014.

ANDRADE, E.C.. Rankings em educação: tipos, problemas, informações e mudanças**.** *Estudos Econômicos (São Paulo),* v. 41, n. 2, p. 323-343, 2011.

BARBOSA, G.C; FREIRE, F.S.; CRISÓSTOMO, V.L.. Análise dos indicadores de gestão das IFES e o desempenho discente no ENADE. *Avaliação, Campinas*, v. 16, n. 2, p. 317-344, 2011.

BERTOLIN, J.C.G; MARCON, T. O (des) entendimento de qualidade na educação superior brasileira: das quimeras do provão e do Enade à realidade do capital cultural dos estudantes. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior*, v. 20, n. 1, 2015.

BIFULCO, R.; LADD, H. F. The Impacts of charter schools on student achievement: Evidence from North Carolina. *Education Finance and Policy*, v. 1, n.1, p. 50–90, 2006.

BIONDI, R.L; FELÍCIO, F.. Atributos escolares e o desempenho dos estudantes: uma análise em painel dos dados do Saeb. BRASILIA: INEP/MEC, 2007.

BITTENCOURT, H.R.; CASARTELLI, A. O.; RODRIGUES, A,C.M. Sobre o índice geral de cursos (IGC). *Avaliação, Campinas*, v. 14, n. 3, p. 667-682, 2009.

BRITO, M.R.F F. de et al. O SINAES e o ENADE: da concepção à implantação. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)*, 2008.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº 10.861. de 2004. Brasília, 14 de abril de 2004; 1830 da Independência e 1160 da República. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.861.htm> Acesso em 11 ago. 2017

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. Resolução Nº 4, de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, 19 de julho de 2005, Seção 1, p. 26

BROOKE, N; SOARES, J.F.. *Pesquisa em eficácia escolar: origem e trajetórias*. Editora UFMG, 2008.

CADAVAL, A.F.. Qualidade da educação fundamental e sua relação com o crescimento econômico. 2010. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/27163/000763890.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 ago. 2017

CONSELHO FEDERAL DE ADMINISTRAÇÃO. História da Administração. Disponível em: <http://www.cfa.org.br/administracao/historia-da-profissao>. Acesso em: 10 ago. 2017

CONSELHO REGIONAL DE ADMINISTRAÇÃO DA BAHIA. Histórico dos cursos de administração no brasil. Disponível em: <http://www.cra-ba.org.br/Pagina/58/Historico-dos-Cursos-de-Administracao-no-Brasil.aspx>. Acesso em: 10 ago. 2017

CORTELAZZO, A. L. et al. Enade 2005 e 2008: desempenho dos estudantes de biologia de instituições de Educação Superior estaduais e municipais de São Paulo. *Ciência & Educação (Bauru),* 2013.

CURI, A. Z.; MENEZES-FILHO, N.A.. A relação entre educação pré-primária, salários, escolaridade e proficiência escolar no Brasil. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 39, n. 4, p. 811-850, 2009.
FERREIRA, M.. Determinantes do rendimento académico no ensino superior. *Revista internacional dhumanitats*, v. 15, p. 55-60, 2009.
GASHI, A.; MOJSOSKA-BLAZEVSKI, N. The Determinants of Students? Well-being in Secondary Vocational Schools in Kosovo and Macedonia. *European Journal of Education*, v. 51, n. 3, p. 333–344, 2016.
GOUVÊA, M.A.; PREARO, L.C.; DO CARMO ROMEIRO, M.. Avaliação da adequação de aplicação de técnicas multivariadas em estudos do comportamento do consumidor em teses e dissertações de duas instituições de ensino superior. *Revista de Administração*, v. 47, n. 2, p. 338-355, 2012.
HAIR, J. et al. *Fundamentos de métodos de pesquisa em administração*. Bookman Companhia Ed, 2005.
HANUSHEK, E. A.; KIMKO. American Economic Association Schooling , Labor-Force Quality , and the Growth of Nations. *The American Economic Review*, v. 90, n.5, p. 1184–1208, 2000.
INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA - INEP (2015a). O que é o SINAES. Disponível em <http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinaes>. Acesso em 11 de abr 2017
_____ (2015b). O que são os Indicadores de Qualidade. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/indicadores-de-qualidade>. Acesso em 11 de abr 2017
_____ (2015c). Nota Técnica Daes/Inep nº 57/2015. *Instituto Nacional de Estudos E Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira*. Disponível em <http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/notas_tecnicas/2015/nota_tecnica_daes_n22017_calculo_do_conceito_enade2015.pdf>. Acesso em 11 de abr 2017
_____ (2015d). Nota Técnica Daes/Inep nº 58/2015. *Instituto Nacional de Estudos E Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira*, (61), 610–908. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/notas_tecnicas/2014/nota_tecnica_daes_n582015_calculo_do_cpc2014.pdf>. Acesso em 11 de abr 2017
_____ (2015e). Nota Técnica Daes/Inep nº 59/2015 - Cálculo do Índice Geral de Cursos Avaliados da Instituição 2014, (61), 1–23. Disponível em: <http://download.inep.gov.br/educacao_superior/enade/notas_tecnicas/2014/nota_tecnica_daes_n592015_calculo_do_igc2014.pdf>. Acesso em 11 de abr 2017
_____. Sinopse estatística da educação superior 2015. Brasília: INEP, 2016. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>. Acesso em: 11 ago. 2017
LUZ, L.S..Os determinantes do desempenho escolar: a estratificação educacional e o efeito valor adicionado. *ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS*, v. 15, 2006.
NASCIMENTO, P. A. M. Recursos destinados à educação e desempenho escolar: uma revisão na literatura internacional. *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 18, n. 36, p. 115-138, 2007.
NICOLINI, A.M; DE ANDRADE, R.O.M; TORRES, Adriana Amadeu Garcia. Comparando os resultados do ENADE 2009 por número de instituições e número de

estudantes: como anda o desempenho acadêmico dos cursos de administração?. *Administração: Ensino e Pesquisa*, v. 14, n. 1, p. 161-196, 2013.
PEDERNEIRAS, M.M.M. et al. Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes na visão de líderes formais. *Ensaio: avaliação de políticas públicas e educacionais, Rio de Janeiro*, v. 19, n. 71, p. 381-400, 2011.
DA SILVA, M.C.R.; VENDRAMINI, C.M.M.; LOPES, F.L.. Diferenças entre gênero e perfil sócio-econômico no exame nacional de desempenho do estudante. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior*, v. 15, n. 3, 2010.
SILVA, M. C. R.; VENDRAMINI, C.M.M; LOPES, F.L. Diferenças entre gênero e perfil sócio-econômico no exame nacional de desempenho do estudante. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior*, v. 15, n. 3, 2010.
SOARES, J.F.. O efeito da escola no desempenho cognitivo de seus alunos. *REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, v. 2, n. 2, p. 6, 2004.
SOUZA, E.S.; MACHADO, L.S.. Determinantes de desempenho dos cursos de Ciências Contábeis. In: CONGRESSO USP - CONTROLADORIA E CONTABILIDADE, 11., 2011, São Paulo. Anais. São Paulo: USP, 2011.TORRECILLA, F. J. M. *Um panorama da pesquisa Ibero-americana sobre a eficácia escolar*. In: BROOKE, N., SOARES, J. F. Pesquisa em Eficácia Escolar: origens e trajetórias. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008.

FTT JOURNAL
of Engineering and Business

Avaliação do uso da capela de fluxo laminar em análises microbiológicas de carne de frango

Evaluation of the use of the laminar flow chapel in microbiological analysis of chicken meat

Aline Resmini Melo *(aline.melo@satc.edu.br)*
Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e coordenadora do curso de Engenharia Química da Faculdade Satc.

Carolina Resmini Melo Marques *(carolina.melo@satc.edu.br)*
Doutora em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e professora e pesquisadora da Faculdade Satc.

Larissa Bento Bortolatto *(larissa.bortolatto@satc.edu.br)*
Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e professor da Faculdade Satc

Roberto Borgert Ferrrari *(roberto.ferrari@jbsfoods.com.br)*
Engenheiro de Produção pelo Centro Universitário Barriga Verde (Unibave) e supervisor de laboratório da Seara.

Greice Folis Dagostin *(greice_fd@hotmail.com)*
Engenheira Química pela Faculdade Satc e responsável técnico de laboratório da Seara.

FTT Journal of Engineering and Business. • SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

SETEMBRO 2017 ISSN 2525-8729

Submissão: 16 fev. 2017. **Aceitação:** 26 jun. 2017

Sistema de avaliação: às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE DE TECNOLOGIA TERMOMECANICA, p. 36 - 49

Engenharia de Alimentos

Resumo

Os laboratórios de análises de alimentos devem tomar cuidados específicos para garantir a qualidade dos resultados emitidos aos clientes, bem como aprimorar-se em questões ergonômicas, estruturais e de bem-estar dos analistas. Para garantir confiabilidade, as amostras são processadas em capelas de fluxo laminar, porém o uso desses equipamentos limita o espaço dos analistas para a realização das análises, além de ocupar considerável espaço físico. Este estudo teve como objetivo principal a otimização do espaço físico dos laboratórios que utilizam capela de fluxo laminar. Foram realizadas análises microbiológicas em carnes de frango e comparados os resultados obtidos das análises realizadas com o uso da capela de fluxo laminar e na ausência da capela. Foram realizadas análises microbiológicas de *Salmonella* ssp, Aeróbios mesófilos e *Staphylococcus aureus* em três matrizes de frangos distintas, em peito *in natura*, fígado e carne mecanicamente separada (CMS), resultando em um total de 360 análises. Também foram analisadas amostras de exposição ambiental, para verificar a interferência de contaminantes durante os experimentos. Os resultados mostraram uma pequena variação quando comparados entre si. Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que não é necessário o uso da capela de fluxo laminar para a análise dos micro-organismos que foram utilizados neste estudo.

Palavras-Chave: Capela de fluxo laminar. Frango. *Salmonella* ssp. Aeróbios mesófilos. *Staphylococcus aureus*.

Abstract

Food analysis laboratories must have specific care to ensure the quality of the results delivered to customers, as well as to improve on the ergonomic, structural and well-being issues of the analysts. In order to guarantee reliability, the samples are processed in laminar flow chapel, but their use limits the space of the analysts to carry out the analysis, besides occupying considerable physical space. This study had as a main objective the optimization of the physical space of the laboratories that use laminar flow chapel. Microbiological analysis were carried out on chicken meat and the results obtained from the analysis performed using the laminar flow hood and in the absence of the chapel were compared. Microbiological analysis of Salmonella sp, Mesophilic aerobes and Staphylococcus aureus were carried out on three different broiler matrices, in natura breast, liver and mechanically separated meat (MSM), resulting in a total of 360 analysis. Environmental exposure samples were also analyzed to verify the interference of contaminants during the experiments. The results showed a small variation when compared to each other. In view of the obtained results, it can be concluded that it is not necessary to use the laminar flow chapel for the analysis of the microorganisms that were used in this study.

Keywords: Laminar flow chapel; Chicken; *Salmonella* ssp; Mesophilic aerobes; *Staphylococcus aureus*.

Introdução

Os laboratórios que prestam serviços de análises microbiológicas na área de alimentos devem possuir requisitos básicos para garantir a qualidade e segurança das amostras analisadas, bem como a confiabilidade dos resultados encontrados e dos serviços prestados. A segurança das amostras está diretamente relacionada ao procedimento realizado, da coleta do produto dentro do abatedouro de aves até o resultado final das análises. Atualmente, o preparo das amostras para análises microbiológicas é realizado dentro de capelas de fluxo laminar, o que garante a esterilização dos materiais utilizados e impede que o analito entre em contato com o ambiente externo.

Este estudo foi realizado em um laboratório de microbiologia localizado no sul do Estado de Santa Catarina, onde foram realizadas análises microbiológicas (*Salmonella* spp, Aeróbios mesófilos e *Staphylococcus aureus*) em três matrizes de frangos distintas: peito *in natura*, fígado e carne mecanicamente separada (CMS). Todos os procedimentos experimentais necessários para as análises microbiológicas foram realizados dentro e fora da capela de fluxo laminar, utilizando a mesma amostra, gerando assim uma gama de resultados para serem comparados posteriormente. Também foram realizadas análises ambientais nas duas diferentes situações, para observar se há interferência do ar nas amostras pesadas.

O presente estudo surge com o interesse de que haja um melhor aproveitamento do ambiente físico do laboratório, sendo que as capelas de fluxo laminar ocupam grandes espaços que podem ser utilizados para outros fins. A relevância desta pesquisa está em contribuir para que o processo de preparação e inoculação das amostras dentro do laboratório de microbiologia mantenha a confiabilidade de seus resultados mesmo com a ausência desse equipamento. A ausência da capela de fluxo laminar ocasionará também a redução de custos com sua manutenção.

Revisão bibliográfica

Devido aos riscos de saúde e segurança apresentados por contaminantes ambientais químicos e microbiológicos, métodos analíticos estão se tornando cada vez mais uma peça central de programas de segurança alimentar (SZPYLKA, 2014).

Controle da qualidade ambiental

Para assegurar o controle de qualidade dos resultados das análises microbiológicas, é de extrema importância que o laboratório tenha uma estrutura separada por grupos de atividades. Deve-se iniciar com a recepção e triagem das amostras, pesagem, inoculação, incubação, leitura e repique, terminando em lavagem e descontaminação.

Com esta separação de atividades garante-se que nenhum processo irá interferir na segurança das análises (DRUMMOND, 2016).

Segundo Gonzalez (2014, p.03), a facilidade e o nível de higienização aplicado tanto aos equipamentos quanto às instalações e estruturas estão diretamente relacionados ao risco de contaminação cruzada e outras questões indesejadas de segurança de alimentos ou problemas de qualidade no alimento.

Principais cortes dos frangos

A maneira mais comum de consumo de frango no Brasil é consumi-lo inteiro, porém a cada ano os cortes aumentam sua participação no mercado (ARENÁZIO, 2016 e CASSEL, 2006). Além dos cortes tradicionais (asa, coxa e peito), o frango oferece outras partes apreciadas pelo consumidor ou que apresentam importância para a fabricação dos produtos industrializados, tais como fígado e coração. O restante dos subprodutos pode ser utilizado para a fabricação de CMS, que é obtida por processos mecânicos de moagem e separação de ossos, carcaças ou partes de carcaças, não sendo permitida a utilização de cabeças e pés (OLIVO, 2006 E POTTER, 1995).

Análises microbiológicas

Apesar dos avanços tecnológicos, a carne de frango ainda é passível de contaminação bacteriana, especialmente por micro-organismos do gênero *Salmonella* que se encontram albergados no trato intestinal do animal podendo contaminar as carcaças bem como outros produtos, caso o processo de abate não seja realizado com os devidos cuidados higiênicos (CARVALHO, 2005). O gênero *Salmonella* pertence à família *Enterobacteriaceae* e compreende bacilos gram-negativos não produtores de esporos. São anaeróbios facultativos, produzem gás a partir de glicose, exceto *Salmonella typhi*, e são capazes de utilizar o citrato como única fonte de carbono (FRANCO, 2008). Segundo Nascimento (2000, p.85), as salmonelas são micro-organismos capazes de provocar enfermidades em seres humanos e animais.

Outro micro-organismo em destaque são os Aeróbios Mesófilos, devido ao fato de serem indicativo de contaminação microbiana. Segundo Cardoso (2005, p. 145), a maioria dos micro-organismos que se encontra nas aves vivas são os Aeróbios Mesófilos, e poucos conseguem se desenvolver em temperaturas inferiores a 7 °C. Sua contagem tem sido usada como indicador de qualidade higiênica dos alimentos e, quando presentes em grandes quantidades, indica falhas durante a produção. Os mesófilos incluem um grupo de micro-organismos capazes de se multiplicarem numa faixa de temperatura entre 20 e 45 °C, tendo uma temperatura ótima de crescimento a 32 °C (FRANCO, 2008).

Outro micro-organismo importante para ser estudado em análises microbiológicas é o *Staphylococcus aureus*, pois é encontrado também na microbiota humana. O *Staphylococcus aureus* é uma bactéria esférica, do grupo dos cocos gram-positivos; é

frequentemente encontrado na pele e nas fossas nasais de pessoas saudáveis. A intoxicação alimentar por enterotoxinas elaboradas pelo *Staphylococcus aureus* é a mais frequente, podendo provocar doenças, que vão de uma simples infecção como espinhas, furúnculos e celulites a infecções graves como pneumonia, meningite, endocardite, síndrome do choque tóxico, septicemia e outras (SANTOS, 2007). Segundo Franco e Landgraf (FRANCO, 2008), os *Staphylococcus aureus* são encontrados em muitos alimentos, mas não competem bem com os outros micro-organismos presentes. Sua temperatura de crescimento ótima está entre 35 °C a 37 °C.

Procedimentos experimentais

Neste trabalho, foram realizadas análises microbiológicas de *Salmonella* ssp, Aeróbios mesófilos e *Staphylococcus aureus* em três matrizes de frangos distintas, em peito *in natura*, fígado e CMS. Todos os procedimentos experimentais necessários para as análises microbiológicas foram realizados dentro e fora da capela de fluxo laminar.

Para este estudo foram efetivadas um total de 360 análises, sendo 180 análises realizadas com a utilização da capela de fluxo laminar e 180 em bancada (fora da capela de fluxo laminar). Para cada matriz de frango distinta foram realizadas 120 análises, divididas nos três micro-organismos. A Tabela 1 apresenta as análises realizadas.

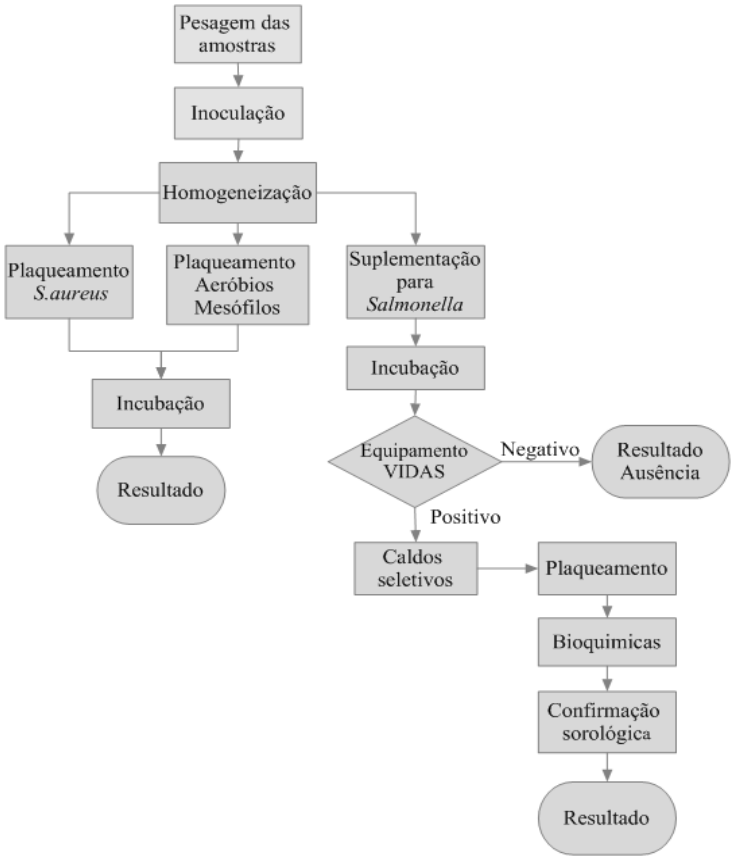
Tabela 1 – Análises microbiológicas realizadas.

Matrizes de frango	Análises microbiológicas (quantidade numérica)		
	Salmonella ssp	Aeróbios Mesófilos	*Staphylococcus aureus*
Peito *in natura*	40	40	40
Fígado	40	40	40
Carne mecanicamente separada	40	40	40

Procedimentos experimentais para as análises

Para melhor acompanhamento do procedimento experimental das análises microbiológicas que foram realizadas, pode-se observar o fluxograma da Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do processo analítico.



As embalagens dos produtos analisados foram higienizadas com álcool 70% e colocadas dentro da capela de fluxo laminar, onde foram pesadas em balança semi-analítica, retirando-se uma alíquota de 25 g, com a utilização de pinças e tesouras esterilizadas. As amostragens foram colocadas em embalagens estéreis e encaminhadas para a etapa de inoculação.

Na inoculação, foi adicionado à amostra o diluente água peptonada e tamponada a 1% para se obter a diluição de 1/10. Para uma massa de 25 g de amostra, adicionou-se 225 mL do diluente. Em seguida, foi colocada sob agitação por 2 minutos para sua homogeneização em um homogeneizador de amostras fornecido pela *Biomérieux*, tipo *Smasher*. Após o tempo de homogeneização, iniciou-se o processo de plaqueamento para as análises de *Staphylococcus aureus* e Aeróbios Mesófilos.

O plaqueamento das amostras foi realizado com o auxílio de um pipetador manual programado para sucção de 1 mL, acoplado a ponteiras estéreis e dispensando a suspensão em placas de *Petrifilm* 3M^{TM}. As placas de *Petrifilm* são placas prontas para uso, desenvolvidas pela 3M^{TM}, contendo o meio de cultura para a contagem destes micro-organismos e um gel solúvel em água fria. Com a pressão realizada sobre a placa, a amostra é espalhada sobre uma área de 20 cm^2. O gel da placa solidifica-se em pouco tempo e as placas podem ser incubadas em condições apropriadas.

Para análise de Aeróbios Mesófilos, as placas continham nutrientes e o 2,3,5-cloreto de trifenil tetrazólio. Foi inoculado 1 mL da amostra no centro do filme. Em seguida, as placas foram incubadas a 35ºC por 48 horas.

A análise de *S. aureus* seguiu os mesmos princípios da análise de Aeróbios Mesófilos. Para análise de *Staphylococcus aureus*, o meio de cultura contido na placa é o *Baird-Parker*. Na sequência, as placas foram incubadas a 36 ºC por 24 horas. A análise de *S. aureus* possui um disco para confirmação das colônias suspeitas após o período de incubação. Para as amostras que foram necessárias à confirmação das colônias, levantou-se o filme superior da placa *Petrifilm* e colocou-se o disco reativo sobre as colônias. As placas foram incubadas contendo o disco reativo por 2 horas a 37ºC.

Após o processo de incubação das placas de *Pretifilm*, as mesmas amostras seguiram para a análise de *Salmonella* ssp, onde foi adicionado o suplemento para *Salmonella* ssp na proporção de 1 mL de suplemento para cada 225 mL de água peptonada e tamponada para iniciar a análise de *Salmonella* ssp. Em seguida, as amostras foram incubadas a 42ºC por 21 horas. A partir da amostra pré-enriquecida, preparou-se o kit do teste VIDAS® SPT. Este é um teste imunoenzimático que permite a detecção de *Salmonella* ssp pelo método ELFA (*Enzyme Linked Fluorescent Assay*) com o aparelho VIDAS, fornecido pela *Biomérieux* (modelo IVD 3003785). Após o término do teste, os resultados foram analisados automaticamente pelo Sistema VIDAS®. Todos os resultados positivos devem ser confirmados bacteriologicamente. A confirmação foi feita partindo do caldo de pré-enriquecimento.

A confirmação iniciou-se com dois caldos seletivos, o caldo Rappaport – Vassiliadis (RVS) com soja e o caldo Tetrationato (MKTTn), onde 0,1 mL da amostra pré-enriquecida foi transferido para um tubo de ensaio contendo 10 mL de caldo RVS. Incubaram-se os tubos a 41ºC por 24 horas em banho-maria com agitação, fornecido pela *Logen Scientific* (modelo LS8BD-220). Adicionou-se 0,2 mL de iodo-iodeto a outro tubo contendo 10 mL de caldo MKTTn e, depois disso, transferiu-se 1 mL da amostra pré-enriquecida. Incubaram-se os tubos a 37ºC por 24 horas em estufa microbiológica. Após o período de incubação, iniciou-se o plaqueamento e a identificação.

Os tubos foram homogeneizados em agitador e semeados em placas do ágar XLD (ágar de desoxicolato-lisina-xilose) e BPLS (ágar verde brilhante vermelho de fenol-lactose-sacarose) para o plaqueamento. Após a incubação em caldo seletivo, foi realizada a inoculação da cultura do caldo RVS na forma de estrias na superfície de uma placa de petri contendo ágar XLD. As estrias foram feitas para se obter colônias bem isoladas. Procedeu-se da mesma forma para a inoculação da cultura do RVS com o ágar BPLS, sendo realizado o mesmo procedimento descrito acima com a cultura do caldo MKTTn. As placas foram incubadas em posição invertida, a 37ºC por 24 horas.

Após obter colônias bem isoladas e puras, e antes de prosseguir com a identificação bioquímica e sorológica, as colônias foram estriadas em placas contendo ágar nutriente e incubadas a 37ºC por 24 horas. Para a confirmação bioquímica, inoculou-se uma colônia previamente selecionada do ágar nutriente e puro nos meios especificados para a confirmação bioquímica; selecionou-se uma colônia e estriou-se em ágar TSI, ágar ureia, meio de descarboxilação de L-Lisina, β – Galactosidase, meio para reação VP e meio para reação indol. Todos os meios de cultura foram incubados a 37ºC por 24 horas.

Para a etapa final de confirmação sorológica e sorotipificação, as amostras foram testadas através de aglutinação em lâmina com os soros apropriados, como o soro antígeno somático O, os capsulares VI e flagelares H a partir de colônias puras obtidas anteriormente em ágar nutriente. Usando uma colônia pura, foi misturada uma gota de soro O, VI e H, apresentando um resultado definitivo para ausência ou presença de *Salmonella* ssp.

Para monitoramento microbiológico do ar, foram colocadas as placas de Petrifilm 3M™ para contagem padrão de micro-organismos sobre uma superfície plana, onde foi levantado o filme superior que há sobre elas; em seguida, segurando-se o pipetador perpendicularmente à placa, foi inoculado 1 mL de solução estéril no centro do filme inferior. O filme superior foi conduzido delicadamente sobre a amostra e evitou-se a introdução de bolhas de ar na placa. As placas foram deixadas em temperatura ambiente por 1 hora, para a gelificação do meio. Após este período, as placas já estavam prontas para uso. Sem tocar na área circular que foi hidratada, foi levantado o filme superior e exposta a placa ao ambiente em que se estavam se realizando as análises, sendo uma placa colocada dentro da capela, e outra, em bancada. Em seguida, as placas foram incubadas a 35ºC por 48 horas.

Resultados e discussões

Análise de Salmonella ssp

As amostras foram retiradas da incubação e encaminhadas para o processo de verificação de ausência ou presença de *Salmonella* ssp. Os resultados foram interpretados pelo próprio equipamento VIDAS, onde as amostras que apresentaram resultados positivos seguiram na etapa de confirmação.

Das 20 amostras de peito *in natura* e carne mecanicamente separada analisadas dentro da capela e em bancada, todas apresentaram resultado negativo para *Salmonella* ssp. Para as 20 análises em fígado de frango, apenas uma amostra apresentou resultado positivo, porém em ambas as situações (dentro e fora da capela de fluxo laminar) observou-se o mesmo resultado.

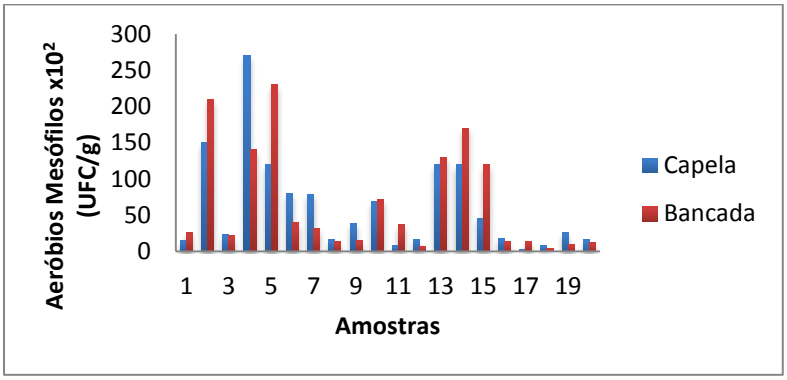
Com os resultados encontrados para análise de *Salmonela* ssp, verificou-se uma precisão entre as diferentes técnicas utilizadas, isto é, houve uma concordância entre os resultados de várias medidas efetuadas sobre uma mesma amostra e em duas diferentes condições, visto que os resultados encontrados dentro da capela de fluxo laminar e fora da capela foram os mesmos, comprovando assim que o ambiente externo, ou seja, o ar contido na sala de pesagem e inoculação não interferiu nos resultados obtidos para análise de *Salmonella* ssp.

Análise de Aeróbios Mesófilos

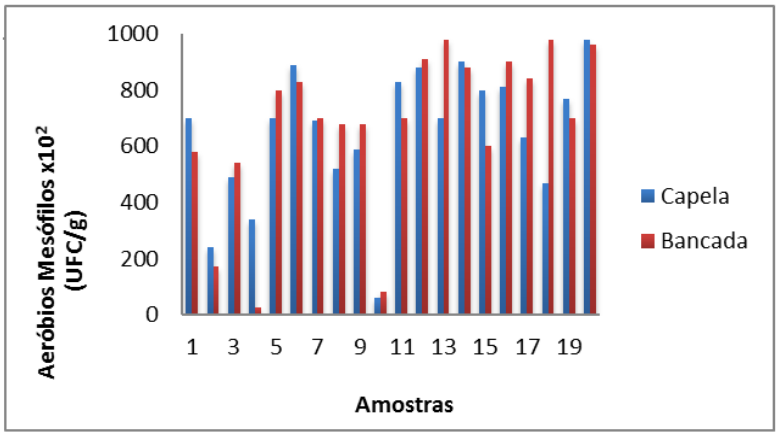
As placas de *Pretifilm* foram retiradas da incubadora e encaminhadas para leitura, nas quais foram contadas todas as colônias vermelhas presentes nas placas, características da presença de Aeróbios Mesófilos.

Na Figura 2(a), pode-se observar os valores das contagens de aeróbios mesófilos em peito *in natura*, obtidas dentro da capela de fluxo laminar, e das contagens obtidas em bancada. Pode-se observar que, das 20 amostras de peito *in natura* testadas, somente 9 apresentaram contagem maior em bancada, sendo que o restante, 11 amostras, apresentaram contagem maior dentro da capela de fluxo laminar.

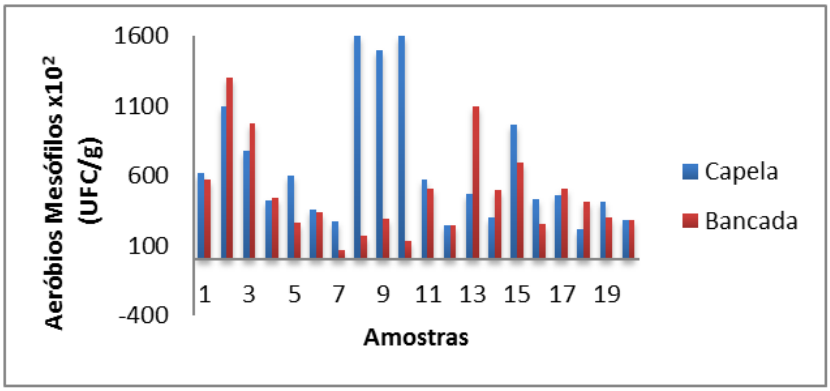
Figura 2 – Aeróbios Mesófilos em (a) peito *in natura*, (b) em fígado e (c) CMS de frangos.



(a)



(b)



(c)

A Figura 2(b) apresenta os resultados encontrados para análise de Aeróbios Mesófilos em fígado de frango. Pode-se observar que, das 20 amostras de fígado de frango testadas, 11 apresentaram contagem maior em bancada, sendo que o restante, 9 amostras, apresentaram contagem maior dentro da capela de fluxo laminar.

Na Figura 2(c), verificam-se os resultados encontrados para análise de Aeróbios Mesófilos em carne mecanicamente separada. Pode-se observar que, das 20 amostras de CMS testadas, 7 apresentaram contagem maior em bancada, 11 amostras apresentaram contagem maior dentro da capela de fluxo laminar e 2 amostras apresentaram o mesmo resultado para as duas situações.

Analisando cada amostra separadamente, verificou-se que a diferença entre os dois métodos utilizados não apresentaram variações significativas no processo, conforme pode ser visto no item 4.5, em que foi realizada uma análise estatística dos dados, levando-se em conta que todo método de ensaio apresenta uma incerteza, mesmo não havendo variantes na análise, tais como diferentes analistas, equipamentos ou lotes de reagentes. Esta variação acontece porque a quantidade de micro-organismos presentes na amostra ocorre por manipulação do produto e não por transferência pelo ar, sendo a amostra um produto de origem animal, proveniente de um proceso produtivo de um abatedouro, onde há manipulação das amostras para processamento. Sendo assim, para um mesmo produto há possibilidades de se obter valores de contagens aceitavelmente diferentes, mesmo sob análise nas mesmas condições.

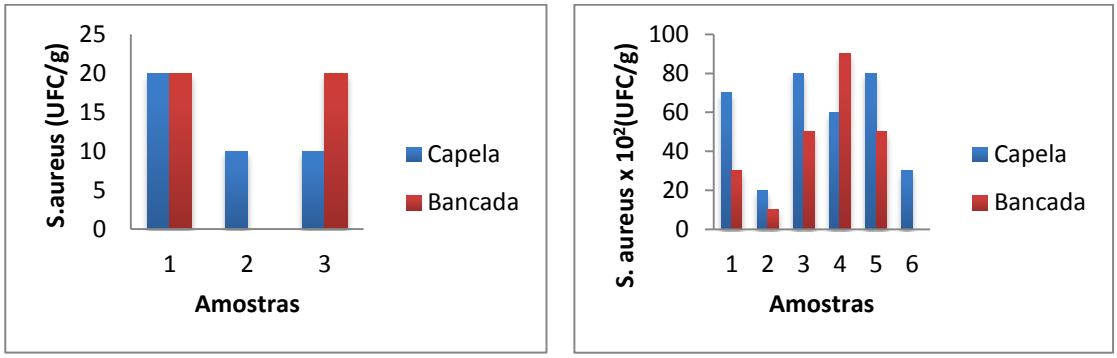
Análise de Staphylococcus aureus

As placas de *Pretifilm* foram retiradas da incubadora e encaminhadas para leitura, nas quais foram contadas todas as colônias com características de *Staphylococcus aureus* nelas presentes. Colônias suspeitas seguiram para confirmação com o disco; após o tempo de incubação, foram contadas as colônias confirmadas.

Na Figura 3(a), pode-se observar os valores das contagens de *Staphylococcus aureus* em peito *in natura*, obtidas dentro da capela de fluxo laminar, e das contagens obtidas em bancada. Em apenas 3 amostras foi possível realizar contagem do micro-organismo, pois as restantes, 17 amostras, apresentaram ausência de *Staphylococcus aureus* nas duas diferentes situações, dentro e fora da capela de fluxo laminar. Das três amostras, a primeira apresentou resultado igual para ambas as condições, a segunda apresentou resultado maior na capela de fluxo laminar e zero em bancada, e a terceira amostra apresentou resultado maior em bancada.

Na Figura 3(b), observam-se os resultados das análises de *Staphylococcus aureus* em CMS. Apenas 6 amostras apresentaram contagem do micro-organismo; as restantes, 14 amostras, apresentaram ausência para ambas as condições. Das 6 amostras, 5 apresentaram resultado maior em capela de fluxo laminar e apenas uma amostra apresentou resultado maior na bancada.

Figura 3 - *Staphylococcus aureus* em (a) peito *in natura* e (b) CMS de frangos.



(a) (b)

Para a análise de *Staphylococcus aureus* em fígado, todas as 20 amostras analisadas apresentaram ausência do micro-organismo, sendo desnecessário expressar tal ocorrência em forma de gráficos. Os resultados não apresentaram nenhuma variação entre os dois métodos, sendo resultados de grande valia para a validação deste estudo.

Para a análise de *Staphylococcus aureus* obteve-se um elevado número de amostras que não apresentaram contagem do micro-organismo, dentro e fora da capela; sendo assim, observa-se que não houve contaminação de *Staphylococcus aureus* pela manipulação dos analistas fora da capela, sem o uso de máscara, sendo que o *Staphylococcus aureus* está presente na pele e nas fossas nasais de pessoas saudáveis.

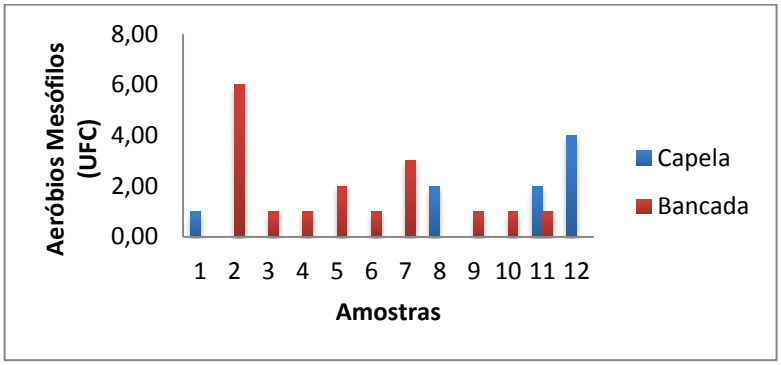
A diferença entre os valores das amostras em que foi feita a contagem do micro-organismo ocorreu pelo mesmo fato de haver diferença na contagem de Aeróbios Mesófilos, pois as amostras analisadas eram provenientes de um processo de manipulação dentro do abatedouro; assim, para um mesmo produto há possibilidades de se obter valores de contagens aceitavelmente diferentes, mesmo sob análises nas mesmas condições.

Exposição ambiental

As placas de exposição ambiental foram retiradas da incubadora e encaminhadas para leitura, nas quais foram contadas todas as colônias vermelhas nelas presentes. Na Figura 4, foi possível observar os valores das contagens de Aeróbios Mesófilos no ambiente, obtidas dentro da capela de fluxo laminar e das contagens obtidas em bancada.

Para cada dia em que foi realizado o teste, foi realizada a exposição ambiental para verificação da qualidade do ar; das 20 amostras ambientais realizadas, apenas 12 apresentaram micro-organismos; as outras 8 amostras apresentaram ausência de tais elementos. Observa-se que 8 das 12 amostras apresentaram contagem maior em bancada e 4 apresentaram contagem maior na capela.

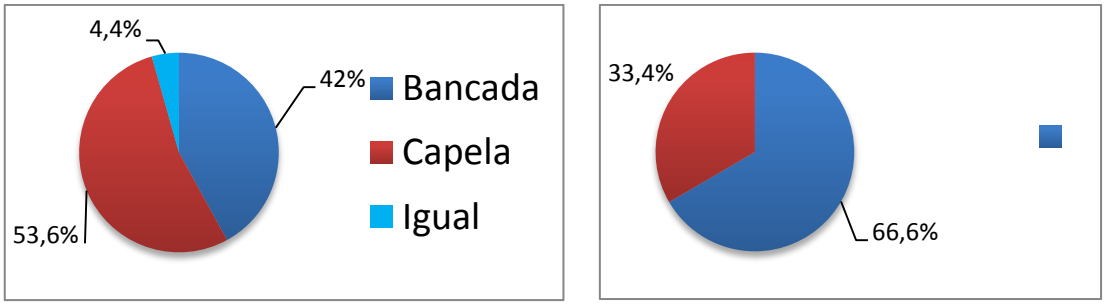
Figura 4 - Contagem de Aeróbios Mesófilos no ambiente.



Comparação entre os resultados obtidos e análise estatística dos resultados

Das amostras analisadas, apenas 69 apresentaram contagem; destas, 29 apresentaram resultado maior em bancada, 37 exibiram resultado maior em capela e 3 resultados iguais nas duas condições. A porcentagem destes dados pode ser visualizada na Figura 5(a). Na Figura 5(b), pode-se observar os valores em porcentagem das análises de exposição ambiental.

Figura 5 - Comparação dos resultados (a) das matrizes e (b) da exposição ambiental.



(a) (b)

Analisando a Figura 5, verifica-se que os resultados obtidos nas matrizes de frango apresentaram contagem maior quando analisadas dentro da capela de fluxo laminar, representando 53,6% das amostras. Porém, analisando as amostras de exposição ambiental, observa-se que 66,6 % das amostras apresentaram contagem maior na bancada, ou seja, fora da capela de fluxo laminar. Isso mostra que o ar fora da capela apresenta-se mais contaminado, porém o mesmo ar não contamina as amostras que são analisadas em bancada, pois estas apresentaram contagem menor. Observa-se então que não há influência do ar nas análises realizadas fora da capela de fluxo laminar.

Para realizar uma análise estatística dos dados, foi utilizado o Teste de Cochran, o qual serve para avaliar a homogeneidade das variâncias alimentadas como um critério de sua aceitação. O valor de Cochran é calculado pela divisão da variância pontual da coleta pela soma de todas as demais variâncias do grupo que se quer avaliar, sendo que, para este teste, há uma tabela com valores de referência para a comparação dos resultados.

Fazendo o levantamento dos resultados obtidos nas análises acima e aplicando o teste de Cochran, conclui-se que, das 69 amostras analisadas, 65 amostras apresentaram valores de Cochran menores que 90% dos valores tabelados, mostrando que a variância é homogênea em relação às demais amostras; neste caso, tais variâncias são aceitas para a validação.

O restante, 4 amostras, indica que o valor de Cochran calculado se insere no intervalo de ≥90% até ≤100% do valor tabelado; esta variância também é considerada homogênea, porém o valor de Cochran calculado se aproxima do tabelado, mas não o ultrapassa. Com a realização deste teste pode-se afirmar que o estudo não possui variação significativa na realização das diferentes situações.

Considerações finais

Dentre as amostras analisadas, observou-se uma pequena variação nos valores encontrados para as diferentes situações. Comparando-se os resultados para análise de *Salmonella* ssp, obtiveram-se resultados semelhantes entre as 120 análises realizadas, mostrando a eficácia do método para as diferentes condições. Para as análises de contagem de Aeróbios Mesófilos e *Staphylococcus aureus*, os gráficos mostraram uma divergência entre as análises executadas, indicando um número maior de micro-organismos presentes nas amostras analisadas em capela.

Este fato se mostra contraditório, quando comparados somente os resultados das amostras analisadas em capela e em bancada. Para fins de esclarecimento, as análises da exposição ambiental, que funcionam como um indicativo de contaminação presente no ambiente, também foram estudadas, visto que os resultados das exposições apresentaram contagem maior em bancada. Assim, o ar presente no laboratório não interferiu nos resultados para a validação deste método, sendo possível, dessa forma, que as amostras sejam processadas tanto em capela quanto em bancada, sem interferência no resultado final.

Referências

ARENÁZIO, J. Carne de Frango - Alimento saudável e seguro. *Revista Agropecuária.* Disponível em: <http://www.revistaagropecuaria.com.br>. Acesso em: 03 abr. 2016.

CARDOSO, A. L. S. P.; CASTRO, A. G. M.; TESSARI, E. N. C.; BALDASSI, L.; PINHEIRO, E. S. Pesquisa de *Salmonella sp spp*, coliformes totais, coliformes fecais, mesófilos, em carcaças e cortes de frango, *Higiene Alimentar*, v. 19, n. 128, p. 144- 150, 2005.

CARVALHO, A. C. F. B.; CORTEZ, A. L. L. Salmonella sp spp. em carcaças, carne mecanicamente separada, linguiças e cortes comerciais de frango. *Ciência Rural, Santa Maria,* v. 35, n. 6, p. 1465-1468, nov-dez, 2005. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br>. Acesso em: 03 abr. 2016.

CASSEL, R. A.; ANTUNES, J. A. V.; OENNING, V. Maximização da lucratividade em produção conjunta: um caso na indústria frigorífica. V. 16, n. 2, p. 244-257. ISSN 1980-5411, 2006. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132006000200006>. Acesso em: 16 abr. 2016.

DRUMMOND, C. C.; RIZZOTTO, I. G. Controle da qualidade do ambiente laboratorial de análises microbiológicas de alimentos, *Revista Conexão Food Safety*, ed. 09, p. 4-5, fev. 2016.

FRANCO, B.D.G.M; LANDGRAF, M. *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Atheneu, 2008.

NASCIMENTO, M. S.; BERCHIERI, J. A.; BARBOSA, M. D.; ZANCAN, F. T.; ALMEIDA, W. A. F. Comparação de meios de enriquecimento e de plaqueamento utilizados na pesquisa de Salmonella sp em carcaças de frango e fezes de aves. *Revista Brasileira de Ciência Avícola.* Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, v. 2, n. 1, p. 85-91, 2000. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/2963>.

OLIVO, R. O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango. Criciúma - SC: Ed. do Autor, 2006

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. Food Science. 5° ed. New York: Chapman & Hall, 1995.

SANTOS, A. L.; SANTOS, D. O.; FREITAS, C. C.; FERREIRA, B. L. A.; AFONSO I. F.; RODRIGUES C. R.; CASTRO, H. C. *Staphylococcus aureus*: visitando uma cepa de importância hospitalar, *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v. 43, n. 6, p. 413-423, 2007. ISSN 1678-4774. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-24442007000600005> Acesso em: 16 abr. 2016.

SZPYLKA, J.; JAVIER. X. The role of analytical testing in maintaining food safety, *Revista Food Safety Magazine*, Abr/Mai, 2014. Disponível em: <http://www.foodsafetymagazine.com>. Acesso em: 25 mar. 2016.

FTT JOURNAL
of Engineering and Business

Potencialidades tecnológicas e qualidade da cadeia produtiva do queijo colonial na região Sul do Brasil: uma revisão

Technological quality and potential characteristics of the production of colonial cheese in the Southern region of Brazil: a review

Ferenc Istvan Bánkuti *(ferencistvan@uem.br)*
Doutor em Engenheira de Produção pela Universidade Federal de São Carlos e professor da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Grasiele Scaramal Madrona *(gsmadrona@uem.br)*
Doutora em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e professora da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Magali Soares dos Santos Pozza *(pozzamagali@yahoo.com.br.*
Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Univerisdade Estadual de |LOndrinae professora da Universidade Esatadual de Maringá.

Sandra Mara Schiavi Bánkuti *(smsbankuti@uem.br)*
Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos (Ufscar) e professora da Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Suelen Siqueira dos Santos *(suelensiqueira.eng@gmail.com)*
Mestre em Ciência de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Jessica Ressutte *(jessicaressutte@gmail.com)*
Bacharel em Engenharia de Alimentos pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

FTT Journal of Engineering and Business. • SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

SETEMBRO 2017 ISSN: 2525-8729

Submissão: 16 fev. 2017. **Aceitação:** 26 jun. 2017

Sistema de avaliação: às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE DE TECNOLOGIA TERMOMECANICA, p. 50 - 64

Engenharia de Alimentos

Resumo

O queijo colonial é um tipo de queijo artesanal produzido principalmente na região Sul do Brasil. Seu processamento contribui para a diminuição do êxodo rural, com a geração de novos empregos e com a produção de alimentos mais saudáveis que traduzem uma identidade simbólica e cultural dessa região. Assim, este trabalho de natureza exploratória teve como objetivo contextualizar e identificar a importância do queijo colonial na região Sul do Brasil, utilizando-se de pesquisa bibliográfica para evidenciar os resultados. Observou-se que tradicionalmente usa-se leite cru na sua elaboração, sem o período de maturação necessária, podendo assim resultar em contaminação microbiológica. A utilização de matéria-prima adequada e o controle higiênico de todo o processo fazem-se necessários na elaboração do queijo colonial. Assim, torna-se importante fomentar a produção de queijo colonial visando ao desenvolvimento social e econômico da região Sul do Brasil, garantindo um produto com bom valor comercial e de excelente qualidade.

Palavras-chave: Leite cru. Contaminação microbiológica. Queijo artesanal. Controle de qualidade.

Abstract

Colonial cheese is a type of artisanal cheese produced mainly in the southern region of Brazil. Its processing contributes to the reduction of the rural exodus, generating new jobs and the production of healthier foods that represent a symbolic and cultural identity of that region. The objective of this exploratory study was to contextualize and identify the importance of colonial cheese in the southern region of Brazil, using bibliographical research to highlight the results. It was observed that traditionally raw milk is used in its preparation, without the necessary maturation period, resulting in microbiological contamination. The use of adequate raw material and the hygienic control of the whole process are necessary in the elaboration of colonial cheese. Thus, it is important to encourage the production of colonial cheese aimed at the social and economic development of the southern region of Brazil, ensuring a product with high commercial value and excellent quality.

Keywords: Raw milk. Microbiological contamination. Artisanal cheese. Quality control.

Introdução

Define-se produto colonial o alimento que é produzido utilizando-se de algum nível de processamento. Esses produtos são feitos em escala reduzida; na maior parte das vezes são utilizados ingredientes naturais, sem o uso de aditivos. O processo é realizado dentro de propriedades rurais, geralmente pela família do agricultor, de modo artesanal, passado de geração para geração. Os alimentos industrializados, por sua vez, são definidos como aqueles produzidos por grandes fábricas, utilizando-se de equipamentos e tecnologia em larga escala, com uso de aditivos como corantes, conservantes, entre outros (NEUMAN & SOUZA, 2006; SILVEIRA, 2006).

Muitos estudos mostram que a agroindustrialização artesanal é um instrumento capaz de diminuir o êxodo rural, uma vez que os produtos são feitos dentro da própria propriedade rural, contribuindo dessa forma com a geração de novos empregos e postos de trabalho, capaz de inserir o agricultor no mercado regional e local. Tais empreendimentos dedicam-se à produção de alimentos mais saudáveis e ecológicos, sendo uma forma de valorização da cultura e da tradição local, que faz parte dos hábitos alimentares dessa população. A produção alimentícia remete a uma identidade territorial simbólica e cultural (BRASIL, 2004; WINTER, 2003; GUIMARÃES, 2001; GUANZIROLI et al., 2001).

Em alguns lugares do Brasil como, por exemplo, no sertão de Inhamuns, no Ceará, pequenos produtores de queijo artesanal, aplicando tecnologias simples, conseguiram driblar a queda de preços do produto no mercado local. Segundo os autores, o segredo são as boas práticas de fabricação, que garantem um queijo de melhor qualidade, conquistando a confiança do consumidor. Neste estudo de caso, o consumidor percebeu a diferença e paga até 40% a mais pelo produto (EMBRAPA, 2017).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2016) -, o Brasil, que é o quarto maior produtor mundial de leite de vaca, tendo obtido cerca de 35,1 bilhões de litros em 2014, produz atualmente vários tipos de queijo em suas diferentes regiões (Figura 1). Na região Sul, especialmente no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, o processo artesanal de alimentos é característico da cultura local.

Dentre os inúmeros alimentos artesanais produzidos no Sul do Brasil, destaca-se o queijo colonial, que será o objeto de estudo deste trabalho. São escassos os trabalhos referentes aos queijos produzidos principalmente nessa região, especificamente no Estado do Paraná, sendo assim de grande importância um levantamento teórico e posteriormente um estudo em campo para se obter maiores informações sobre esse tema.

Figura 1. Identificação de queijos artesanais produzidos no Brasil.

Fonte: Slow Food Brasil (2017).

Inicialmente, o queijo colonial era feito pelos colonos açorianos; posteriormente, passou a ser produzido pelos italianos e alemães que haviam chegado ao Brasil. Esse produto era tradicionalmente processado nas propriedades rurais para autoconsumo familiar, assim como outros produtos alimentícios, tais como salames e derivados suínos, geleias, sucos de frutas, doces, compotas, massas, conservas de hortaliças, biscoitos, açúcar mascavo, vinho, melado, entre outros produtos (DORIGON, 2008).

Até o começo dos anos 1990, as atividades relacionadas à ordenha do leite e à produção dos seus derivados, incluindo o queijo colonial e também o cuidado dos animais, eram desenvolvidas pelas mulheres, sendo, portanto, parte da cultura feminina (DORIGON, 2016).

O queijo era processado com o leite oriundo do resto do autoconsumo, resultando, no mínimo, em uma unidade com 1 kg em média por dia; parte era utilizada para consumo da família e o restante destinado para o comércio informal, diretamente ao consumidor; normalmente as vendas eram realizadas em beiras de estrada. Embora o lucro resultante dessas pequenas vendas de queijo fosse baixo, era de grande valia na administração do lar; com o dinheiro das vendas, as mulheres compravam alimentos, material escolar, roupa para os filhos, entre outros. A rápida expansão da atividade leiteira contribuiu para a produção do queijo colonial; em menos de 20 anos, o oeste catarinense transformou-se em uma das principais regiões produtoras de leite (DORIGON, 2016; ZAFFARI; MELLO; COSTA, 2007).

O último censo agropecuário mostra que a produção de queijo da agroindústria rural dos estados do Sul do Brasil gira em cerca de 30 mil, sendo Santa Catarina responsável por mais de 5 mil queijos produzidos. A produção total em toda a região Sul é de cerca de 14 mil toneladas por ano. Existem indicações de que a maior parte dos queijos

produzidos na região Sul se trata do queijo colonial. Dividindo o total da produção pelo número de produtores, chega-se à conclusão de que a média de produção diária é menor que 2 kg de queijo por dia, mostrando uma produção típica familiar dessa região (CARVALHO, 2015; IBGE, 2016).

Nota-se a importância de se fomentar a produção de queijos artesanais na região Sul do Brasil. Nesse sentido, surge a indicação geográfica como opção para resgatar as características culturais, visando obter produtos de qualidade e com maior valor agregado.

Assim, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sobre queijos artesanais e suas características tecnológicas. Para tanto, foram analisados dados de artigos científicos para ilustrar e contextualizar a situação da produção destes queijos na região Sul do Brasil.

Apresentação e análise

Após levantamento bibliográfico, foram revisados os conceitos sobre a tecnologia de fabricação de queijos em geral e, especificamente, de queijo artesanal, sua qualidade microbiológica e possíveis melhorias indicando também uma breve análise em relação à indicação geográfica.

Queijos e suas características tecnológicas gerais

O queijo é definido como sendo o alimento fresco ou maturado que é obtido através da separação parcial do leite (integral, desnatado ou parcial), do soro de leite ou de soros lácteos através da coagulação provocada pela ação de bactérias lácteas ou enzimas específicas, podendo nele serem adicionadas especiarias, condimentos, aditivos, corantes e aromatizantes. Os ingredientes do queijo são normalmente leite, sal e fermentos lácteos (BRASIL, 1996).

Aproximadamente 85% a 90% do total de leite utilizado na produção de queijos resultam em soro. Esse soro contém vitaminas, proteínas, lactose e sais minerais. 75% das proteínas do leite são aproveitadas; os 25% restantes são perdidos no soro (WALSTRA, 1999).

O leite possui uma grande quantidade de nutrientes, que são utilizados pelas bactérias lácteas, capazes de fermentar a lactose utilizando-a como fonte de energia. Quando há uma grande produção de ácido, a caseína (proteína do leite) coagula-se no seu ponto isoelétrico (pH= 4,6), originando um gel que prende a fase aquosa e a gordura (FOX; MCSWEENEY, 1998; ORDÓÑEZ PEREDA; MURAD, 2005).

A coagulação enzimática é feita através da adição de enzimas proteolíticas que são encontradas comercialmente na forma de soluções enzimáticas, designadas por coalho (AQUARONE; SCHMIDELL, 2001; FOX; MCSWEENEY, 1998). A função das enzimas constituintes do coalho é hidrolisar as caseínas (proteínas do leite), especialmente a

fração proteica kappa-caseína, que tem a função de estabilizar a formação de micelas e prevenir a coagulação do leite. A coagulação do leite, portanto, se refere à formação de um coágulo insolúvel, chamado coalhada, que é resultado das modificações físico-químicas das micelas, em um período de tempo pré-determinado (FOX; MCSWEENEY, 1998).

A maturação é o processo pelo qual o queijo é submetido a determinadas condições de umidade relativa e temperatura. Nessa etapa, há uma diminuição da quantidade de água. As gorduras, a lactose e as proteínas passam por transformação conferindo sabor e textura a diferentes tipos de queijo (FOX; MCSWEENEY, 1998).

Qualidade de queijos artesanais e indicação geográfica

A Indicação Geográfica (IG) é usada para identificar a origem de produtos ou serviços quando o local tenha se tornado conhecido ou quando determinada característica ou qualidade do produto ou serviço se deve à sua origem. Segundo o INPI (2017), no Brasil, ela tem duas modalidades: Denominação de Origem (DO) e Indicação de Procedência (IP).

No mercado brasileiro, existem alguns produtos regionais com indicação geográfica como, por exemplo, os vinhos, que têm Certificação de Qualidade e Origem chamada DOC (Denominação de Origem Controlada); atualmente, pretende-se certificar produtos de origem animal, como os queijos em diferentes regiões e/ou localizações. Por serem largamente consumidos, os queijos artesanais são monitorados constantemente por órgãos de inspeção, em razão de serem produzidos em locais diferentes e com diversos tipos de processos de produção, não existindo uma padronização (SILVA; TUNES; CUNHA, 2012).

Atualmente existem milhares de tipos de queijos ao redor do mundo, caracterizados em relação à forma, textura e sabor (SILVA; TUNES; CUNHA, 2012). Os queijos produzidos a partir de leite cru e comercializados largamente no Brasil são os queijos tipo "minas" tradicional e/ou artesanal: Minas do Serro, Minas da Canastra e Minas Araxá, que são produzidos em regiões específicas no estado de Minas Gerais (MACHADO et al., 2004). Nessas regiões, solo, pastagem, clima, altitude e água se combinam de maneira única, atribuindo as características desses queijos tão apreciados, que movem a economia de grande parte da região mineira (RESENDE et al., 2011).

O queijo minas artesanal é muito conhecido por ser um dos mais antigos e tradicionais queijos produzidos no Brasil. A produção desse tipo de queijo, geralmente, é feita de maneira tradicional nas propriedades rurais de Minas Gerais a partir de leite cru, sendo caracterizado por apresentar grande variabilidade na sua microbiota (ANDRADE et al., 2014; COSTA et al., 2013).

Diferentemente do queijo minas frescal, os queijos minas artesanais possuem massa mais firme e seca (VISOTTO et al., 2011). São caracterizados por serem elaborados com leite cru, não passam por processo de pasteurização; utiliza-se um fermento endógeno conhecido como "pingo", que é o soro coletado da batelada anterior da fabricação do

queijo, capaz de inibir o desenvolvimento de outras bactérias indesejáveis, e que proporciona ao queijo características físico-químicas e sensoriais específicas (SILVA; TUNES; CUNHA, 2012).

Assim como os queijos minas artesanais, os queijos coloniais possuem grande potencial para comercialização em larga escala em todo Brasil, auxiliando no crescimento da economia da região que o produz, e ainda podem ser elaborados contando com a legalização da legislação brasileira (claro que, após análise do órgão de inspeção). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) publicou a Instrução Normativa nº 30, de 2013, que autoriza a fabricação de queijos com leite cru em um período de maturação inferior a 60 dias, em propriedades certificadas como livres de tuberculose e brucelose, além de controle de mastite e um programa de boas práticas de fabricação (BRASIL, 2013).

Tradicionalmente, o queijo colonial também é elaborado a partir do leite cru, assim como o queijo minas, e muitas vezes sem o cuidado necessário na sua elaboração para evitar a contaminação microbiológica, restando assim, recorrer à validação social de qualidade, que depende da relação de confiabilidade entre consumidor e produtor (SILVEIRA, 2006).

O sabor é considerado mais rico e intenso em queijos produzidos com leite cru. Esse fato se deve principalmente à existência de uma grande microbiota nativa presente em queijos feitos com leite cru, o que não é observado em queijos feitos com leite pasteurizado (MONTEL et al., 2014).

Não existem técnicas de padronização na fabricação do queijo colonial, assim como no Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ); também não existe padrão de técnicas na produção entre as propriedades rurais que fazem esse tipo de queijo, pois sua produção está diretamente ligada à herança cultural passada por gerações; depende da matéria-prima (leite), que por sua vez depende das condições climáticas e da alimentação do gado e também da maturação do queijo, que muitas vezes não é realizada de modo controlado; portanto, os variados tipos de queijo colonial produzidos por diferentes famílias sofrem variações significativas (LUCAS et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2005; FARIÑA et al., 2012).

Em relação aos atributos de qualidade do queijo, destaca-se com maior atenção a qualidade microbiológica. Dentre a variedade de produtos derivados do leite, o queijo é considerado um potente transmissor de microrganismos patógenos, especialmente os queijos produzidos a partir do leite cru, de maneira artesanal, sem passar pelo processo de maturação. A contaminação microbiológica desses alimentos assume extrema importância tanto para a indústria, com consequente prejuízo econômico, como para a saúde pública, devido ao potencial desses alimentos contaminados de causarem doenças (FEITOSA et al., 2003).

Um estudo realizado no estado de Santa Catarina, no distrito de Santa Lucia, caracterizou queijos artesanais produzidos em diferentes propriedades rurais de pequeno porte; foram coletadas 16 amostras diretamente dessas propriedades; os autores observaram resultados que mostraram diferença significativa entre os tipos de queijo, caracterizando-os como magros e gordos e com a umidade variando de baixa a alta, indicando assim a inexistência de um padrão e concluindo que os queijos coloniais avaliados possuíam diferenças entre si (LOUVATEL e DEGENHARDT, 2016).

A legislação vigente estabelece normas em nome da segurança dos alimentos e exige obrigatoriedade na pasteurização do leite utilizado na elaboração de queijos que possuam um período de maturação inferior a 60 dias, além de uma série de outras exigências com relação à estrutura física do local de fabricação do queijo. A pasteurização do leite pode reduzir drasticamente os riscos de toxinfecção alimentar (HOBBS, 1998; BRASIL, 1996; BRASIL, 1952). Os queijos artesanais produzidos com leite cru (principalmente pela utilização do leite cru na produção) podem conter microrganismos de diversas origens: animal, vegetal ou humana. Os principais microrganismos de interesse são:

***Bolores e leveduras*:** os bolores representam um grupo de microrganismos filamentosos multicelulares capazes de se espalhar rapidamente na forma de uma massa disforme; em poucos dias podem cobrir muitos centímetros quadrados (JAY, 2005). As leveduras são fungos de formas variadas com formato predominantemente unicelular. Sua exigência por água é maior comparada com os bolores e menor comparada com as bactérias (FRANCO, 2008; SILVA, 2007). Os bolores e leveduras são extremamente resistentes a condições adversas como, por exemplo, alimentos ácidos e com baixa atividade de água. A maior parte das leveduras é capaz de crescer em atividade de água com faixa mínima de 0,88, e a maioria dos bolores na faixa mínima de 0,80. Vários bolores são capazes de crescer em pH abaixo de pH 2,0, e várias leveduras em pH 1,5 (SILVA, 2007). A deterioração causada por bolores e leveduras em queijos provoca alterações significativas no sabor, textura, cor e na produção de *off flavors* (FLEET, 1990).

***Bactérias mesófilas*:** os mesófilos constituem um importante grupo de microrganismos, incluindo a maior parte das bactérias contaminantes do leite, tanto patógenos quanto deteriorantes; elas estão envolvidas na acidificação do leite. Sua faixa de crescimento ótimo está entre 30ºC e 40ºC, mas são capazes de se desenvolver em temperaturas em torno de 20ºC e 45ºC (MAIESKI, 2011). A análise de bactérias mesófilas é utilizada para se obter informações sobre a qualidade higiênico-sanitária do produto, qualidade da matéria-prima e condições de processamento (SILVA, 2007).

***Coliformes totais e termotolerantes*:** as bactérias das famílias *Enterobacter*, *Enterobacteriaceae, Krebsiella* e *Citrobacter* representam o grupo de coliformes totais. Esse grupo é capaz de fermentar a lactose com posterior produção de ácido e gás quando submetido à incubação entre as temperaturas de 35ºC e 37ºC (MAIESKI, 2011). O grupo dos coliformes termotolerantes, por sua vez, é um subgrupo dos coliformes totais, formado por bactérias da família *Enterobacteriaceae*, capazes de fermentar a lactose com produção de ácido e gás quando incubados entre as temperaturas de 44ºC e 45,5°C por 24 horas (SILVA, 2007). A presença de coliformes totais e termotolerantes nos alimentos indica possível contaminação fecal, pois esses grupos de microrganismos são originários do trato intestinal. A *Escherichia coli (E. coli*) é um indicador direto de contaminação fecal em alimentos *in natura*; contagens elevadas de microrganismos do grupo coliformes são frequentemente observadas em queijos produzidos com leite cru (SILVA, 2007).

Salmonella: *Salmonella* é um tipo de bactéria infecciosa pertencente ao gênero *Salmonella* e à família *Enterobacteriaceae*; são bacilos gram-negativos, anaeróbios facultativos, não produtores de esporos. São capazes de produzir gás e ácido a partir de glicose e sacarose (FORSYTHE, 2002). O trato intestinal dos animais e do homem

pode ser considerado o principal reservatório deste microrganismo. Os alimentos que sofrem contaminação não apresentam aparência e cheiro desagradáveis, sendo a maioria deles de origem animal, como leite, ovos e carne (FRANCO, 1996). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), segundo RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, determina que a *Salmonella* sp. deve estar ausente em alimentos (BRASIL, 2001). Surtos de salmonelose foram associados a leite e derivados no Brasil e em vários países (BORGES et al., 2006). A correta pasteurização do leite assegura a eliminação da salmonela na produção de queijos (PERRY, 2004).

***Staphylococcus coagulase positiva*:** as bactérias do gênero *Staphylococcus*, pertencentes à família *Micrococcaceae*, são anaeróbios facultativos e cocos gram-positivos. Os *Staphylococcus* são bactérias mesófilas produtoras de enteroxinas. Sua temperatura ótima de crescimento está na faixa de 7°C a 47,8°C, e suas enteroxinas na faixa de 10°C a 46°C (FRANCO, 2008). O gênero *Staphylococcus* possui mais de 30 espécies e apenas 18 são de interesse em alimentos; dessas 18, seis espécies são *coagulase positiva* (JAY, 2005). A contaminação por *Staphylococcus coagulase positiva* frequentemente está associada à inadequada manipulação da matéria-prima. Esses microrganismos se encontram em seres humanos, principalmente na pele, debaixo das unhas, nas fossas nasais e na garganta; também estão presentes no úbere de vacas contaminadas, ocasionando a contaminação do leite (SILVA, 2008). A legislação vigente determina que a contagem de *Staphylococcus coagulase positiva* em queijos deve ser inferior a 1.000 UFC/g (BRASIL, 2001).

Listeria monocytogenes: *Listeria monocytogenes* é um bacilo gram-positivo, não formador de esporos, anaeróbico facultativo amplamente distribuído na natureza. Pode ser encontrado no solo, nas plantas, em animais e nos seres humanos. Esse microrganismo possui a capacidade de formação de biofilmes (BILLE; ROCOURT, 2003). A *Listeria* causa uma infecção chamada listeriose, que tem alto índice de mortalidade. Essa bactéria tem como característica a capacidade de se multiplicar em temperaturas baixas e com relativa resistência térmica (ICMSF, 1996). A contaminação dos queijos pela *Listeria* tem sido relacionada, principalmente, ao leite contaminado usado na produção (pasteurizado inadequadamente ou cru) (BORGES, et al., 2006).

Qualidade de queijos artesanais comercializados e alternativas de melhorias

Sabe-se que o resultado final de uma boa tecnologia de produção e de boas práticas de fabricação conduz a um produto de qualidade, apresentando uma enorme variabilidade de atributos, ou seja, um produto com características específicas, aceito sensorialmente e também isento de contaminação microbiana.

Os resultados das pesquisas apontam a necessidade de uma atenção especial em relação à qualidade destes queijos, pois podem se tornar um potencial risco à saúde dos consumidores, uma vez que o queijo colonial apresenta alta chance de contaminação.

Sabe-se que uma matéria-prima de qualidade, isenta de contaminações, com condições de processamento e maturação adequadas, é fator imprescindível para a

obtenção de um queijo colonial de qualidade, e consequentemente para a proteção da saúde do consumidor (SILVA; TUNES; CUNHA, 2012).

Na fabricação de queijos, a vida útil e a qualidade dos produtos dependem inicialmente da matéria-prima utilizada, pois quando o leite é de baixa qualidade e a contagem microbiana é elevada, a qualidade do produto final segue a mesma tendência, além de que esse produto fica susceptível a outras variáveis durante o processo, como condições de higiene, manipulação, armazenamento e transporte inadequados (OLIVER; JAYARAO; ALMEIDA, 2005; VISOTTO et al., 2011). É, portanto, de extrema importância que os manipuladores tenham conhecimento das condições higiênico-sanitárias e de programas de boas práticas de fabricação e manipulação de alimentos.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento permite a elaboração de queijos artesanais de leite cru desde que sigam as determinações mínimas exigidas, como um programa de controle de mastite, um programa de boas práticas de ordenha e fabricação, incluindo o controle dos operadores, controle de pragas e transporte adequado do produto até o entreposto, bem como exige a cloração e o controle de potabilidade da água utilizada no processo produtivo (BRASIL, 2013).

O controle de qualidade e as boas práticas de fabricação em toda a cadeia de produção são de extrema importância para a elaboração de queijos artesanais, como os queijos coloniais, minimizando os níveis iniciais de contaminação, reduzindo a multiplicação de microrganismos deteriorantes e patógenos ao longo do processamento e garantindo assim um produto final de qualidade, com a mínima contaminação microbiológica possível, dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente (VISOTTO et al., 2011).

É de extrema importância destacar que o consumo de queijos de fabricação artesanal pode apresentar perigo de infecção à população em geral pela enorme variedade de espécies de microrganismos que podem contaminar tanto o leite como matéria-prima quanto o queijo como produto final. Para implantação da elaboração de produtos de qualidade para comercialização devem ser adotadas medidas que visem à proteção da saúde da população e que auxiliem no crescimento econômico da região (cita-se que é válido o estudo de indicação territorial), bem como incentivem a produção e o consumo de queijos através de cooperativas que adotem as boas práticas de fabricação (ZAFFARI; MELLO; COSTA, 2007).

Zaffari, Mello e Costa (2007) verificaram a qualidade bacteriológica de queijos artesanais vendidos em beiras de estradas litorâneas no Rio Grande do Sul; foram realizadas contagem de coliformes totais e pesquisa de *Listeria* ssp e *Brucella* ssp em 80 queijos, sendo 62 do tipo colonial e o restante de outras variedades de queijos. Das amostras, 71% não estavam sob refrigeração e 100% das amostras apresentaram contagens de coliformes fecais acima do limite máximo permitido na legislação brasileira vigente. Dos 29 estabelecimentos pesquisados, 27 continham queijos fora desses limites. Das 80 amostras, 16% apresentaram *Listeria* ssp, sendo que destas, 3,7% eram *Listeria monocytogenes*. Não foi observada a presença de *Brucella* ssp.

Na região Oeste do Paraná, Santos-Koelln, Mattana e Hermes (2009) realizaram um estudo com amostras de queijo comercial do tipo colonial e muçarela; foram coletadas sete amostras de cada tipo de queijo em dois períodos diferentes. Foram realizadas análises microbiológicas de contagem de coliformes termotolerantes e *Staphylococcus*

coagulase positiva e da presença de *Salmonella*. As amostras do queijo tipo muçarela estavam dentro dos limites previstos pela legislação, ao passo que as amostras de queijo colonial encontravam-se fora dos limites da legislação.

No estudo de Antonello, Kupkovski e Bravo (2012), que avaliaram a qualidade microbiológica de quatro diferentes marcas de queijo colonial comercializadas em supermercados na cidade de Francisco Beltrão, no Paraná, os autores indicaram que 82,14% estavam contaminadas com *Staphylococcus* SSP; destas, 50% da espécie *coagulase positiva*; 17,85% das amostras estavam contaminadas com *Salmonella*. A análise para coliformes termotolerantes resultou em 67,85% das amostras contaminadas.

Em outra pesquisa realizada no mesmo município de Francisco Beltrão, foi reportado que 50% das amostras de queijo colonial estavam com contagens de coliformes totais e termotolerantes acima do permitido pela legislação (SILVA; SILVA, 2013).

Considerações finais

Em relação à produção de queijo colonial com qualidade, conclui-se que a utilização das boas práticas de fabricação e o monitoramento da qualidade da matéria-prima em todas as etapas de processamento, conforme as normas estabelecidas pela legislação brasileira, viabiliza a obtenção de produtos com qualidade e seguros para o consumo da população e proporciona aumento do fomento para a agricultura familiar, evitando assim a produção e comercialização de produtos contaminados.

Analisando o contexto cultural, o queijo colonial é um produto importante para as regiões que o produzem e o consomem, além de um alimento tradicionalmente bem aceito. Ao longo de seu processo de obtenção tem-se um resgate de tradições locais em que os produtores se sentem estimulados pelo reconhecimento de seu diferencial de qualidade, podendo também auxiliar na economia da região.

Por possuírem essa ligação com o território, esses alimentos poderiam ser mais bem explorados como alternativa no desenvolvimento de regiões muitas vezes com economia já enfraquecida. Assim, nota-se a grande importância de avaliar a questão da indicação geográfica no Brasil, por se apresentar como terreno fértil em função de sua vasta extensão territorial e enorme diversidade em seus ecossistemas. Trabalhos futuros devem ser realizados para avaliar possíveis ações territoriais e promover a realização de visitas in loco para um melhor entendimento da cadeia produtiva do queijo colonial.

Referências

ANDRADE, C. R. G. et al. Propriedades probióticas in vitro de Lactobacillus spp. isolados de queijos minas artesanais da Serra da Canastra - MG. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 66, n. 5, p. 1592–1600, out. 2014.

ANTONELLO, L.; KUPKOVSKI, A.; BRAVO, C. C. Qualidade microbiológica de queijos coloniais comercializados em Francisco Beltrão, Paraná. Revista Thema, v. 9, n. 1, p. 01–06, 2012.

AQUARONE, L.; SCHMIDELL, B. Biotecnologia Industrial. 4. ed. São Paulo: Editora Bluncher, 2001.

Billie J., Rocourt J. Swaminathan B. Listeria and Erysipebthrix. Washington. Editors Manual of clinical microbiology, ed. 8, ASM Press, 2003.

BORGES, M. F. et, al. Avaliação da contaminação por coliformes fecais, Escherichia coli, Listeria monocytogenes e Salmonella sp. em uma indústria processadora de queijo de coalho. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, Juiz de Fora, v. 61, p. 309-314, 2006.

BRASIL. Decreto n° 30,691, de 29 de março de 1952. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial da União, 1952.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria n° 146 de 07 de março de 1996. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Manteiga (Anexo III). Brasília: Diário Oficial da União, p. 40, 1996.

BRASIL. Resolução RDC no 12, de 02 de Janeiro de 2001. Brasília: Diário Oficial da União, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2001.

BRASIL. Programa de agroindustrialização da agricultura familiar. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/arquivos/agroindustria/Cartilha do Programa.pdf>.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 30, DE 7 DE AGOSTO DE 2013. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO GABINETE DO MINISTRO. Brasília: Diário Oficial da União, 2013.

CARVALHO, M. DE M. A agroindústria familiar e rural e a produção de queijos artesanais no município de Seara, estado de Santa Catarina - um estudo de caso. [s.l.] Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015.

COSTA, H. H. S. et al. Potencial probiótico in vitro de bactérias ácido-láticas isoladas de queijo-de-minas artesanal da Serra da Canastra, MG. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 65, n. 6, p. 1858–1866, 2013.

DORIGON, C. Queijo Colonial - Slow Food Brasil. Disponível em: <http://www.slowfoodbrasil.com/arca-do-gosto/produtos-do-brasil/1065-queijo-colonial>. Acesso em: 12 fev. 2017.

DORIGON, C. Mercados de produtos coloniais da Região Oeste de Santa Catarina: em construção. 2008. 437 folhas. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Engenharia de Produção – Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

DREYFUSSO, J. L; RIBEIRO, L; DE MELO, R.; FIORESE, M. L; REITER, M.G. R. Qualidade microbiológica do queijo Minas Colonial comercializados em Blumenau-SC, In: Encontro Regional Sul de Ciências e Tecnologia de Alimentos, 7, Curitiba-PR-BR. Anais...Curitiba: 1 CD-ROM. 2001.

EMBRAPA. Produtores de queijo artesanal melhoram a renda com adoção de novas tecnologias. Disponível em: https://www.embrapa.br/web/mobile/noticias/-/noticia/3106122/produtores-de-queijo-artesanal-melhoram-a-renda-com-adocao-de-novas-tecnologias. Acesso em 30 jun. 2017.
FARIÑA L.O.; KURUMIYA R; TAQUANO D.; MOUSQUER C; FALCONE F. A.; BUENO F.G.; FERREIRA R.; PAEZ C.M.P.; TAVARES B.; DALLABRIDA S.F. Análise de composição e avaliação da acidez do queijo colonial produzidos por agricultores familiares de Céu Azul- PR. In: 3º Congresso De Ciências Farmacêuticas e 3º Simpósio Em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Mercosul, 3, 2012, Céu Azul. Anais. Céu Azul, 2012.
FEITOSA, T. et al. Pesquisa de Salmonella sp., Listeria sp. e microrganismos indicadores higiênico-sanitários em queijos produzidos no estado do Rio Grande do Norte. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 23, p. 162–165, 2003.
FLEET, G. Yeasts in dairy products, Journal of Applied Bacteriology, England, v. 68, n.3, p. 199-211, 1990.
FORSYTHE, S. J. Microbiologia da segurança alimentar. Porte Alegre. Editora Artmed, 2002.
FOX, P. F.; MCSWEENEY, P. L. H. Dairy chemistry and biochemistry. [s.l.] Blackie Academic & Professional, 1998.
FRANCO, B. D. G. M; LANDGRAF, M. Microbiologia de alimentos. São Paulo. Editora Atheneu, 1996.
FRANCO, B. D. G. M; LANDGRAF, M. Microbiologia de alimentos. São Paulo. Editora Atheneu, 2008.
GUANZIROLI, C. et al. Agricultura Familiar e Reforma Agrária no Século XXI. Rio de Janeiro. Editora Garamond, 2001.
GUIMARÃES, G. M. A Legislação Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal - O Caso das Agroindústrias de Pequeno Porte. 2001. 146 folhas. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.
HOBBS, B. C; ROBERTS, D. Toxinfecções e controle Higiênico-Sanitário de Alimentos 1. ed. São Paulo. Editora Varela. 1998.
IBGE. Censo Agropecuário 2006. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p. 777, 2016.
ICMSF. Microorganisms in Foods 5. [s.l.] Blackie Academic & Professional, 1996.
INPI. Guia básico de indicação geográfica. Diponível em: http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/indicacao-geografica. Acesso em: 10/03/17.
JAY, J. M. Microbiologia de alimentos. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
LOUVATEL, K.; DEGENHARDT, R. Caracterização bromatológica de queijos coloniais produzidos no distrito de Santa Lúcia, município de Ouro, SC. Jornada Integrada de Biologia, v. 3, p. 37–46, 2016.
LUCAS, S. D. M; TSUCHIYA, A. C.; SOUZA, M.; MATTANA, A.; PEREIRA, C. Caracterização microbiológica de queijo colonial da região oeste do Paraná, In: V Encontro Nacional de Difusão Tecnológica, 5, 2008, Medianeira. Anais. Medianeira: 1 CD-ROM. 2008
MACHADO, E. C. et al. Características físico-químicas e sensoriais do queijo Minas artesanal produzido na região do Serro, MinasGerais. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 24, n. 4, p. 516–521, 2004.
MAIESKI M. L. Os principais microrganismos patogênicos que afetam a qualidade do leite. 35 folhas. Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para

obtenção de titulo de especialista - Produção, Tecnologia e higiene de alimentos de origem animal (Graduação em veterinária). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
MONTEL, M.C. et al. Traditional cheeses: Rich and diverse microbiota with associated benefits. International Journal of Food Microbiology, v.177, p. 136-154, 2014.
NEUMAN, P.S.; SOUZA, R.S. (Coord.). Diagnóstico e cadastro das unidades de produção de hortigranjeiros e de produtos coloniais da microrregião da Quarta Colônia e Estudo Regional de mercado na região central do Estado. Relatório de Pesquisa FAPERGS. Grupo de Pesquisa Sociedade, Ambiente e Desenvolvimento Rural e Núcleo de Estudos em Economia Agroalimentar da UFSM, Santa Maria, 2006.
OLIVER, S. P.; JAYARAO, B. M.; ALMEIDA, R. A. Foodborne Pathogens in Milk and the Dairy Farm Environment: Food Safety and Public Health Implications. Foodborne Pathogens and Disease, v. 2, n. 2, p. 115–129, jun. 2005.
OLIVEIRA, D. F.; TONIAL, I. B. Sazonalidade como fator interferente na composição físico-química e avaliação microbiológica de queijos coloniais. Revista Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Francisco Beltrão, v. 64, n. 2, p. 521-523, out. 2012.
ORDÓÑEZ PEREDA, J. A.; MURAD, F. Tecnologia de alimentos. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
PAULA, J. C. J. DE; CARVALHO, A. F. DE; FURTADO, M. M. Princípios básicos de fabricação de queijo: do histórico à saga. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v. 64, n. 367/368, p. 19–25, 2009.
PERRY, K. S. P. Queijos: aspectos químicos, bioquímicos e microbiológicos. Química Nova, v.27, p. 293-300, 2004.
RESENDE, M. F. S. et al. Queijo de minas artesanal da Serra da Canastra: influência da altitude das queijarias nas populações de bactérias acidolácticas. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 63, n. 6, p. 1567–1573, dez. 2011.
SANTOS-KOELLN, F. T. DOS; MATTANA, A.; HERMES, E. Agroindustrial Avaliação microbiológica do queijo tipo mussarela e queijo colonial comercializado na região oeste do microbiological evaluation of mozzarella cheese kind and colonial cheese marketed in the west region of. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v. 3, n. 2, p. 66–74, 2009.
SILVA, N. C.; TUNES, R. M. M.; CUNHA, M. F. Avaliação química de queijos Minas artesanais frescos e curados em Uberaba, MG. PUBVET, v. 6, n. 16, 2012.
SILVA, F. DA; SILVA, G. DA. Análise microbiológica e físico-química de queijos coloniais com e sem inspeção, comercializados na microrregião de Francisco Beltrão-PR. [s.l: s.n.]. 2013.
SILVA, L. A. V. DA. Staphylococcus Coagulase positiva em queijos minas frescal. [s.l.] Universidade Federal Fluminense, 2008.
SILVA, N. Manual de Análises Microbiológica de Alimentos. São Paulo. Editora Varela, 2007.
SILVEIRA, P. R.C. Riscos alimentares em uma sociedade de risco: compreendendo o comportamento do consumidor de alimentos artesanais. 2006. 11 folhas. Trabalho apresentado na disciplina de Sociologia Ambiental (Doutorado Interdisciplinar em Ciências Humanas) – Univerdade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
SLOW FOOD BRASIL. Disponível em:
http://cienciadoleite.com.br/noticia/3835/queijos-artesanais-brasileiros. Acesso em:

07/03/17.
VISOTTO, R. G. et al. Queijo Minas Frescal: perfil higiênico-sanitário e avaliação da rotulagem. Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso), v. 70, n. 1, p. 8–15, 2011.
WALSTRA, P. Dairy technology : principles of milk properties and processes. [s.l.] Marcel Dekker, 1999.
WINTER, M. Embeddedness, the new food economy and defensive localism. Journal of Rural Studies, v. 19, n. 1, p. 23–32, 2003.
ZAFFARI, C. B.; MELLO, J. F.; COSTA, M. DA. Qualidade bacteriológica de queijos artesanais comercializados em estradas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. Ciência Rural, v. 37, n. 3, p. 862–867, jun. 2007.

FTT JOURNAL
of Engineering and Business

Reconhecimento automático de cédulas do Real baseado em Máquinas de Vetor Suporte

Support vector machine implementation to recognize Brazilian Real bills.

Ricardo Suyama *(ricardo.suyama@ufabc.edu.br)*
Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e professor adjunto da Universidade Federal do ABC (UFABC).

Fernando Henrique Gomes Zucatelli *(fernandozucatelli@yahoo.com.br)*
Mestre em Engenharia de Mecânica pela Universidade Federal do ABC (UFABC).

Nathalia de Paula Silva *(nathalia.paula@aluno.ufabc.edu.br)*
Bacharel em Engenharia de Instrumentação, Automação e Robótica pela Universidade Federal do ABC (UFABC).

FTT Journal of Engineering and Business. • SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

SETEMBRO 2017 • ISSN 2525-8729

Submissão: 15 mar. 2017. **Aceitação:** 26 jun.. 2017

Sistema de avaliação: às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE TECNOLOGIA TERMOMECANICA, p. 65 - 78

Engenharia de Computação

Resumo

Redes neurais e sistemas inteligentes vêm sendo amplamente utilizados em diversas tarefas de identificação de padrões. Neste trabalho, apresenta-se a implementação de um algoritmo inteligente desenvolvido em MATLAB®, com o objetivo de classificar e reconhecer cédulas do Real a partir do uso de uma Máquina de Vetor Suporte. São utilizados dados de treino na rede neural extraídos de diferentes imagens de diversas cédulas, empregando como parâmetros a "razão de maior lado por menor lado" e uma análise da matriz RGB de cores de cada cédula. A classificação das cédulas é feita a partir de uma imagem que contém um grupo aleatório de cédulas. Essas cédulas são identificadas na imagem e, em seguida, tratadas para a extração dos parâmetros e posterior análise e classificação de acordo com a SVM previamente treinada. Os resultados são apresentados por uma matriz de confusão sendo obtidas quarenta e quatro identificações corretas entre as cinquenta amostras apresentadas à rede.

Palavras-chave: Máquina de Vetor Suporte. Reconhecimento de padrões. Identificação de imagens. Função de base radial.

Abstract

Neural networks have been applied to many different pattern recognition tasks. This paper presents an intelligent algorithm implemented in MATLAB®. The aim is to classify and recognize bills of Real currency using a Support Vector Machine. The training data set is extracted from different photos of the bills, employing the extracted parameters of "major and minor side ratio" and RGB colors matrix of each bill. The classification of bills is done from an image which contains a random set of bills; these bills are identified on the image; they are treated to extract the parameters and to analyze and classify them according to the previous trained neural network. Results are presented by an error matrix in which forty-four correct identifications were obtained among fifty samples presented to the neural network.

Keywords: : Support Vector Machine. Pattern recognition. Radial base function. Image identification.

Introdução

O reconhecimento automático de objetos por meio de imagens tem sido um tema de pesquisa recorrente e pode ser considerado um problema central na área de visão computacional. O grande interesse no problema decorre da ampla gama de aplicações que necessitam de métodos eficientes e robustos para o processamento automático das imagens.

No presente trabalho, apresenta-se o problema específico de reconhecimento automático de cédulas monetárias, uma tarefa que pode auxiliar tanto em operações cotidianas de bancos, máquinas de venda automática e caixas eletrônicos como também para auxiliar a identificação de cédulas por pessoas com deficiência visual (TEIXEIRA et al., 2015).

Nesse contexto, diferentes técnicas têm sido propostas na literatura, e várias dessas abordagens se baseiam em técnicas usualmente associadas à área de aprendizado de máquina. Por exemplo, Takeda e Omatu (1994) exploram o uso de redes neurais artificiais para realizar a identificação de cédulas, ideia que também é explorada por Takeda e Nishikage (2000) para a identificação de cédulas do Euro. Teixeira et al. (2015) apresentam uma metodologia baseada em Máquinas de Vetores Suporte (SVM) para realizar a identificação das cédulas de Real; outras propostas que exploram técnicas de aprendizado de máquina para a identificação de cédulas ou outras características presentes nas imagens são encontradas em Zhang (2003), Althafiri et al., (2006), Bertanha et al. (2015), Qian et al. (2006), Higa (2015), Frosini (1996) e Guo (2010).

Embora as ferramentas utilizadas para a identificação das cédulas descritas nos artigos citados anteriormente possuam diferenças entre si, os trabalhos abordam a identificação das cédulas como um problema de classificação de padrões, para o qual a solução é construída seguindo-se basicamente três etapas:

1. Aquisição e pré-processamento dos dados: os dados a serem classificados correspondem às imagens das cédulas, que podem ser pré-processadas para auxiliar as etapas subsequentes do sistema (como aumentar o contraste de cores, ampliar ou reduzir a imagem);
2. Extração de características: a classificação dos padrões normalmente não é realizada diretamente sobre os dados (no caso, a imagem), pois muitas vezes a dimensão dos dados torna o custo computacional proibitivo. Dessa forma, em geral, a classificação é feita a partir de características relevantes extraídas dos dados que permitam diferenciar os padrões – por exemplo, na aplicação de identificação de cédulas, pode-se utilizar a cor e o tamanho das cédulas para determinar o seu valor (HASSANPOUR, 2007), - ou características das bordas dentro da imagem para auxiliar no processo de identificação, de maneira a melhorar o desempenho do classificador mesmo com a presença de distorções na imagem ou rasuras nas cédulas (ALTHAFIRI et al., 2006);
3. Classificação: uma vez extraídas as características, é necessário escolher um método de classificação que seja eficiente para realizar a identificação correta dos padrões. Conforme mencionado anteriormente, técnicas de aprendizado de máquina como redes neurais e máquinas de vetores suporte têm sido aplicadas com sucesso nesse contexto.

Obviamente, há uma infinidade de possibilidades de escolha para cada uma das etapas mencionadas anteriormente, mas, no presente trabalho, procurou-se encontrar uma solução que apresentasse um bom compromisso entre complexidade computacional e desempenho. Nesse sentido, optou-se por realizar a classificação baseada em características simples, como cor e tamanho das cédulas, a fim de não aumentar demasiadamente a complexidade da solução e assim permitir o uso de ferramentas de classificação como as SVMs, que apresentam grande flexibilidade e robustez, atestadas em diferentes trabalhos na literatura.

Assim, a fim de apresentar o método proposto, o artigo foi estruturado da seguinte forma: na Seção 2 apresenta-se a metodologia adotada no trabalho; na Seção 3, são apresentados os resultados e as discussões; e, por fim, na Seção 4, são feitas as conclusões e considerações finais.

Máquinas de Vetores Suporte

As máquinas de vetores suporte, introduzidas por Vapnik (1995, 1998), constituem-se em uma importante ferramenta na área de aprendizado de máquina para a classificação de padrões (HAYKIN, 2001). A partir de um conjunto de dados previamente classificados – uma abordagem de aprendizado supervisionado – o algoritmo de treinamento da SVM obtém um modelo que atribui a cada novo dado apresentado uma das categorias definidas no conjunto de treinamento (THEODORIDIS; KOUTROUMBAS, 2008).

Geometricamente, a operação realizada pela SVM é ilustrada na Figura 1. Os dados de duas classes distintas, representadas pelos símbolos □ e ○, são separados por meio de um hiperplano, que define a fronteira de decisão para a classificação dos novos dados. Embora seja possível identificar uma infinidade de hiperplanos que separam corretamente os dados, o hiperplano ótimo é definido como aquele que maximiza a margem de separação α_0, isto é. aquele que maximiza a distância entre o hiperplano de separação e os dados de cada classe mais próximos, conforme indicado na Figura 1. A maximização da margem ajuda a minimizar erros de classificação dos novos dados, conferindo grande robustez e capacidade de generalização à SVM. Os dados mais próximos ao hiperplano de separação, que definem a margem de separação, são denominados vetores suporte, justificando assim o nome atribuído à ferramenta.

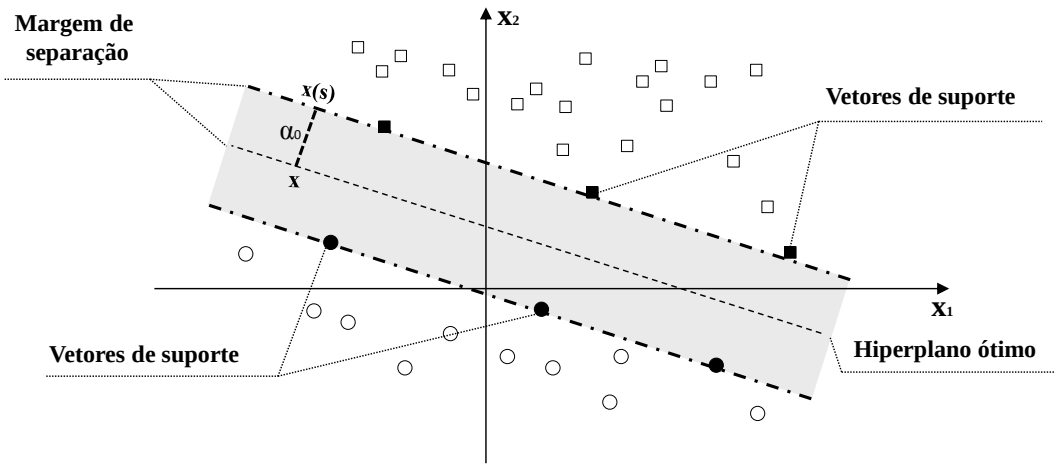


Figura 1. Disposição de um hiperplano ótimo para padrões linearmente separáveis.

Além disso, uma grande vantagem das SVMs em relação a outros classificadores se refere ao algoritmo de ajuste de seus parâmetros. O hiperplano de separação ótimo é obtido por meio da solução de um problema de otimização convexa com restrições de desigualdade lineares, garantindo assim que não há mínimos locais no processo de otimização – diferentemente do que ocorre no caso de adaptação de outras estruturas não lineares usualmente empregadas para a classificação, como as redes neurais artificiais (HAYKIN, 2001).

Mesmo em cenários nos quais os dados não sejam linearmente separáveis, é possível empregar a SVM para a classificação – de fato, na proposta original de Vapnik, o grande diferencial da técnica reside no fato de ela realizar a classificação de dados não linearmente separáveis. Para isso, os dados devem ser mapeados em um espaço de maior dimensão por meio de funções não lineares, de maneira que os dados transformados sejam linearmente separáveis – situação na qual é aplicada a mesma metodologia para a definição do hiperplano de separação ótimo descrita anteriormente. A escolha do mapeamento utilizado pela SVM está atrelada à seleção de uma função de *kernel* (núcleo), que realiza o produto interno entre os vetores transformados. Dentre as possibilidades para o *kernel* pode-se citar o *kernel* linear – que corresponde a uma SVM linear, conforme descrita anteriormente – o *kernel* polinomial e o *kernel* baseado em funções de base radial (RBF) (HEIMES E VAN HEUVELN, 1998).

As RBFs são uma classe especial de funções que decresce (ou cresce) monotonicamente ao se distanciar do ponto central. Podem ser utilizadas como funções base em qualquer tipo de modelo de regressão não linear e, particularmente, como funções de ativação de redes neurais artificiais (REZENDE, 2003). Na Figura 2, é apresentado um exemplo de arquitetura de rede neural artificial que utiliza funções de base radial gaussiana (φ), disponíveis em uma camada oculta, camada essa que é intermediária em relação às camadas de entrada e saída. As forças de conexões interneurais, caracterizadas como pesos sinápticos **w**, são usadas para armazenar o conhecimento adquirido e disponibilizar as respectivas saídas **y** (HAYKIN, 2009).

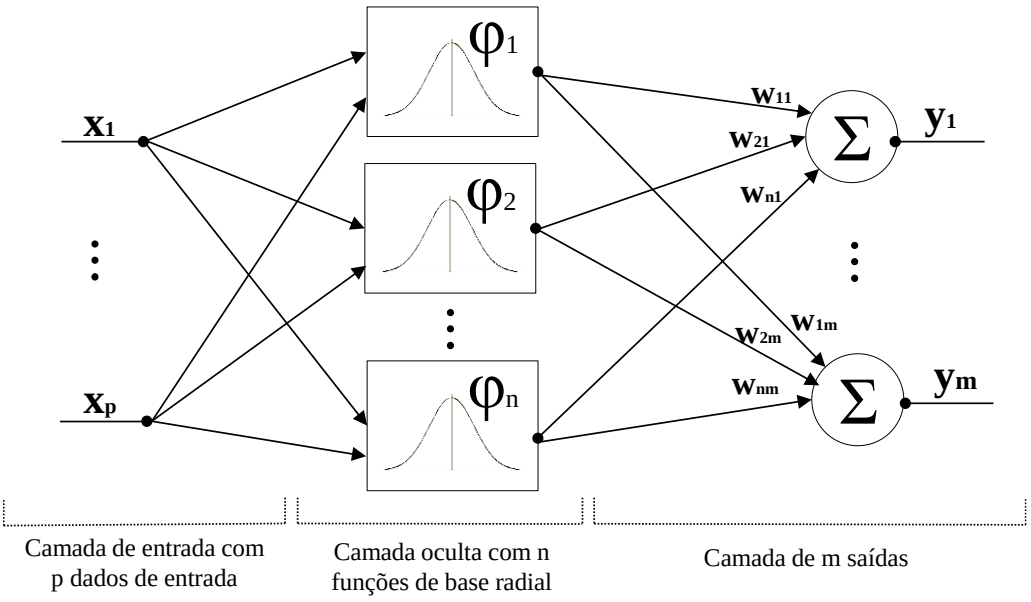


Figura 2. Modelo de rede neural RBF.

Metodologia adotada para classificação das cédulas

Neste trabalho, considerou-se apenas a segunda família de cédulas de Real brasileiro, produzidas a partir de 2010 pelo Banco Central Brasileiro (BCB), que possuem diferentes tamanhos e cores, cujos padrões garantem maior acessibilidade e dificultam falsificações (BCB, 2015).

As imagens das cédulas do Real utilizadas no treinamento da SVM representavam cada cédula com valor identificado e em um arquivo separado, a partir das quais foram extraídas as características para classificação: optou-se por coletar a relação dos lados de cada cédula, que é particular para as cédulas novas do Real, e as cores RGB (*Red-Green-Blue*; em português, Vermelho-Verde-Azul) de cada uma delas.

As imagens a serem classificadas, denominadas como espaço de dados, foram dispostas em diferentes tamanhos e nas orientações vertical e horizontal em uma imagem de tamanho 800 x 600 *pixels.* Desejava-se obter o valor de cada cédula presente na imagem do espaço de dados, o que permitiria, por exemplo, informar os valores de diversas cédulas presentes na imagem a um deficiente visual.

A SVM foi treinada com quatro exemplares de cada verso das cédulas do Real, totalizando 48 imagens em arquivos individuais de um banco de dados. A Figura 3 apresenta o processo de treinamento extra e características relevantes das cores da imagem e sua relação de lados, seguido do treinamento da rede e armazenamento dos resultados para a classificação das cédulas contidas nos espaços de dados.

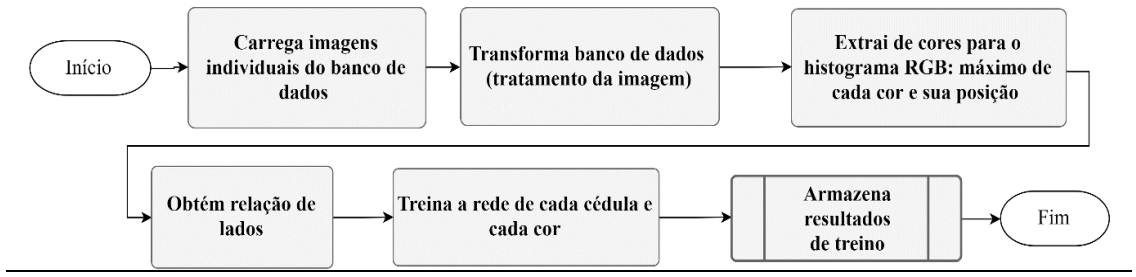


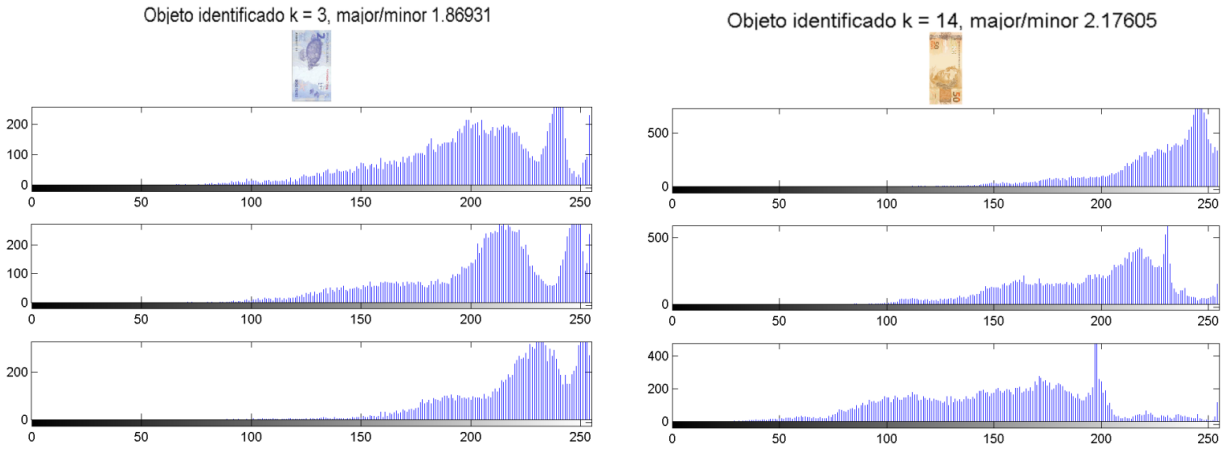
Figura 3. Fluxograma do programa para treino da rede.

A solução completa desenvolvida é composta por quatro módulos com as seguintes funções: (i) *Extrair a Relação dos Lados*; (ii) *Extrair as Cores*; (iii) *Encontrar as Cédulas na Imagem*; (iv) *Classificação por SVM*. Na Figura 3 foram aplicados os módulos (i) e (ii) para a coleta de dados.

O módulo (i), cujos comandos em MATLAB® são apresentados entre aspas, consiste em transformar o espaço de dados em escala de cinza (comando "*rgb2gray*" (SONG, 2013)) e, em seguida, transformá-lo em preto e branco ("*im2bw*" (MAHMOOD et al., 2011)), de

modo a obter apenas valores binários usando um valor de limiar que permita separar a cédula do fundo branco. Posteriormente, branco e preto são invertidas ("*not*") para uso das funções que criam uma estrutura morfológica de formato retangular dentro dela ("*strel*" (ALHADIDI; ZU'BI; SULEIMAN, 2007)), regiões com poucos bits são limpas ("*bwareaopen*") e a estrutura é fechada ("*imclose*") até encontrar as bordas. Preenchem-se os possíveis buracos internos ("*imfill*"), de forma que seja possível criar as fronteiras da imagem ("*bwboundaries*") e extrair as propriedades de cada lado ("*regionprops*") (MAHMOOD et al., 2011) para finalmente obter a relação dos lados. No caso dos dados de treinamento, essa tarefa se reduz a encontrar a própria borda da imagem.

O módulo (ii) extrai as propriedades de cores a partir de um histograma – conforme exemplos apresentados na Figura 4 para cédulas de R$ 2 e de R$ 50 – obtendo o valor máximo de cada cor RGB e a posição desse máximo na escala de 0 a 255 (8 bits).



(a) Cédulas de R$ 2 (b) Cédulas de R$ 50

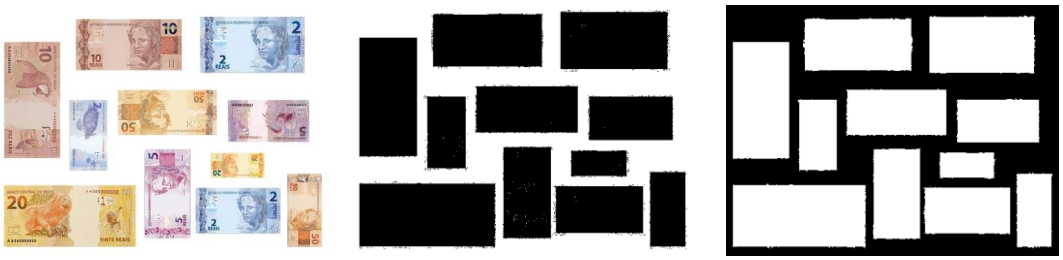
Figura 4. Exemplo de histogramas distintos de cores; a sequência de cima para baixo é vermelho, verde e azul.

O uso do máximo e sua posição foram testados anteriormente como os únicos critérios de classificação, entretanto sem resultados satisfatórios. Então se optou por usar a relação dos lados como um dos critérios de classificação em combinação com a posição do máximo do histograma de cada cor.

No módulo (iii), o objetivo é realizar a segmentação da imagem, identificando as regiões retangulares da imagem original (Figura 5(a)) nas quais se encontram as cédulas. Para isso, uma vez que o fundo da imagem é sempre mais claro que as cédulas, utiliza-se inicialmente a abordagem de limiar. Os *pixels* da imagem que apresentam uma intensidade menor do que certo limiar (mais escuros) são substituídos por *pixels* da cor preta. Com isso, as regiões onde possivelmente encontram-se as cédulas são destacadas como regiões predominantemente preenchidas com a cor preta (Figura 5(b)).

Eventualmente, alguns *pixels* no interior dessas regiões apresentam cores claras (quando, por exemplo, a imagem original contém pixels de cor mais intensa – mais clara – do que o limiar) e que devem ser "limpos" a fim de que os procedimentos subsequentes de identificação da imagem obtenham resultados corretos. Para isso,

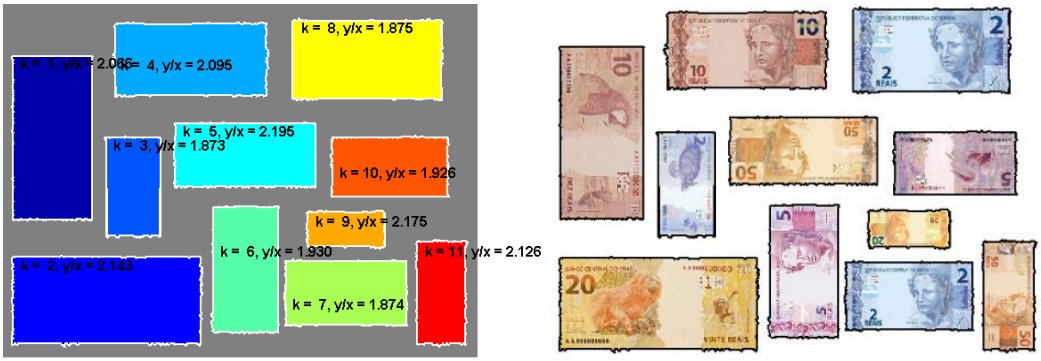
inverteu-se o padrão de cores da imagem pré-processada, de tal forma que as regiões contendo as cédulas são destacadas em branco, o que permite utilizar a função "*strel*" (ALHADIDI; ZU'BI; SULEIMAN, 2007). O resultado é apresentado na Figura 5(c).



(a) Espaço de dados (b) Identificação das cédulas (c) Inversão de cores

Figura 5: operações realizadas no módulo (iii) para localização das cédulas.

A etapa final consiste em determinar as regiões retangulares que contêm as cédulas. Para isso, reutiliza-se o módulo (i) em cada uma das regiões em branco destacadas anteriormente. Com isso, é possível extrair a informação de relação entre as bordas de cada cédula da imagem (Figura 6(a)), bem como a localização da cédula dentro da imagem original (Figura 6(b)). Com a correta identificação dos objetos nas imagens, as respectivas regiões da figura original são destacadas e o seu histograma de cores é extraído com o módulo (ii) para uso posterior pelo classificador.



(a) Identificação e cálculo da relação dos lados. (b) Localização sobre a imagem original.

Figura 6: operações finais do módulo (iii) localizando regiões dos dados para aplicar o módulo (ii).

O módulo (iv) é o classificador baseado em SVMs, e para a maior parte das cédulas foram utilizadas SVMs com *kernels* lineares. Entretanto, após as primeiras visualizações dos dados, notou-se que as notas de R$ 5 e de R$ 2 não eram linearmente separáveis, o que implicava em erros de classificação para quaisquer vetores de características utilizados. Por esse motivo, apenas para a classificação dessas cédulas, foram utilizadas SVMs com *kernels* de RBFs.

Para o problema proposto há seis possíveis classes, correspondendo aos seis valores de cédulas. A abordagem escolhida para realizar a classificação com a SVM foi baseada no paradigma "um contra todos", *i.e.*, a SVM é treinada para determinar se a imagem corresponde a um grupo específico de cédulas ou não. No primeiro caso, a imagem terá valor atribuído e os demais classificadores, mesmo que a classifiquem como do seu

grupo, terão a atribuição de resultado ignorado. Caso contrário, a imagem será analisada pela etapa seguinte de classificação.

Percebeu-se, portanto, que não era eficaz classificar todos os conjuntos entre si simultaneamente, e a sequência de classificação, ilustrada no fluxograma da Figura 7, foi construída para priorizar as características mais excludentes de um conjunto do restante; o critério se baseou em um vetor de características com quatro elementos: os valores da posição do máximo de cada cor R, G e B da imagem e a relação entre os lados do retângulo.

Na Figura 7, para cada nota do espaço de dados, aplica-se o classificador de R$ 100, que utiliza análise RGB com *kernel* linear; as notas classificadas como R$ 100 são marcadas com seu respectivo valor de tal forma que o próximo classificador não lhes atribua valor. O próximo classificador é então aplicado ao espaço de dados, porém só pode atribuir valor às cédulas que ainda não foram classificadas. Esse processo ocorre sucessivamente até o último classificador. Salienta-se que o fluxo do programa continua em execução; os classificadores são aplicados a todas as cédulas, apenas ignorando aquelas que já foram classificadas.

As notas de R$ 100, por exemplo, se separam do conjunto pela predominância do azul e das notas de R$ 2 pela relação dos lados. Ao terem o seu valor definido, as notas de R$100 serão ignoradas quando os próximos classificadores forem realizar sua classificação. Segue-se para a nota de R$ 50, que possui a próxima maior relação de lados com cor distinta do resto do conjunto; depois a de R$ 10, pela predominância do vermelho; a de R$ 20, que pela relação dos lados é distinguível das restantes, R$ 5 e R$ 2. Essas duas últimas notas, que possuem relações de lado próximas, necessitaram de análise combinada de cores e uso de função radial devido à concentração dos dados distribuídos entre os classificadores SVM, caracterizados como não lineares.

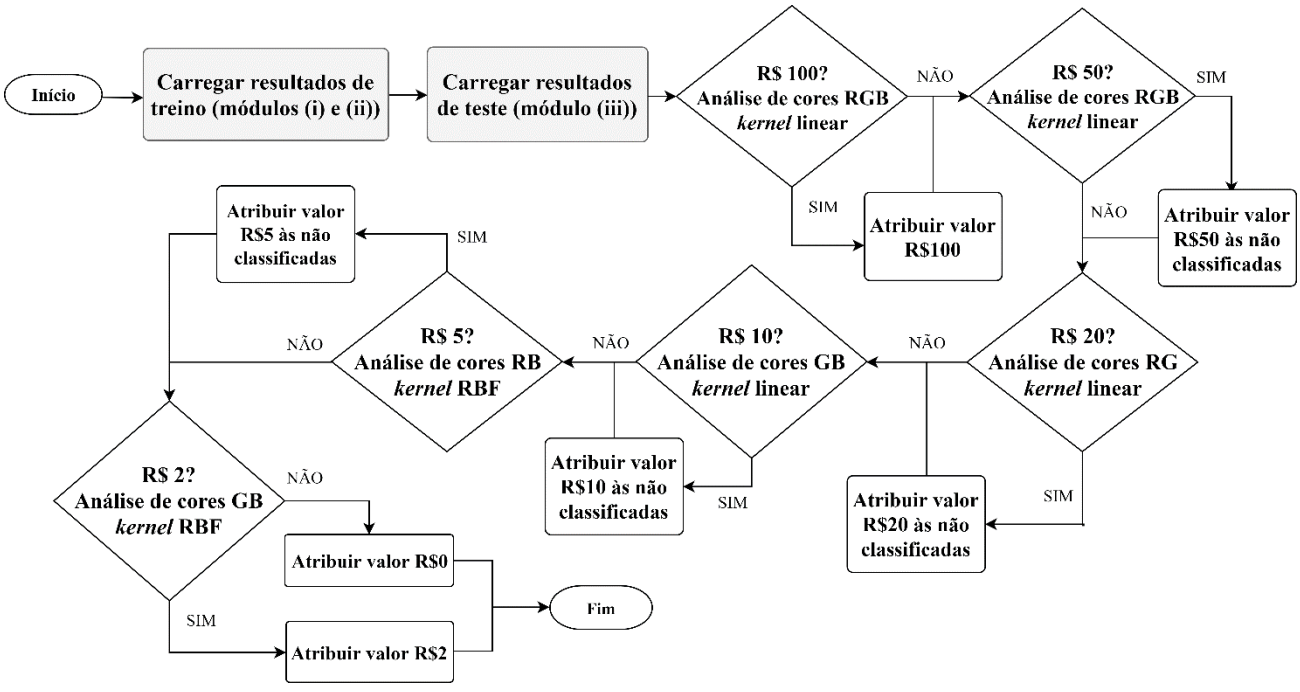


Figura 7. Fluxograma de funcionamento para classificação SVM das cédulas.

A sequência de processamento das diferentes cédulas evita que a análise de características posteriores tenha influência nos resultados, tal como no caso das cédulas de R$ 2 e de R$ 100, que são predominantemente azuis, mas têm relações de lados distintas.

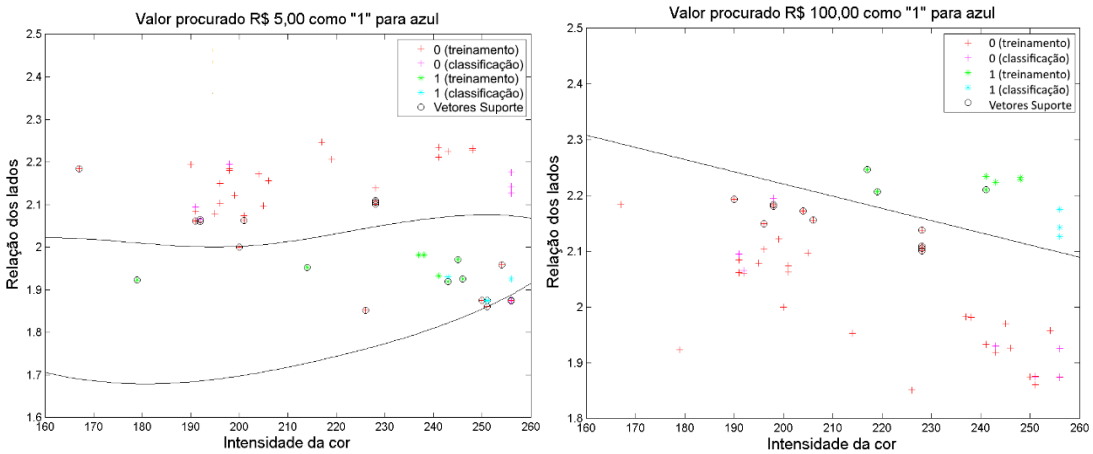
Assumindo que as classificações não detectaram nenhuma das notas entre R$ 10 e R$ 100, as escolhas possíveis recaem sobre as cédulas de R$ 5 e de R$ 2. A tarefa de diferenciar estas notas, entretanto, mostrou-se consideravelmente mais desafiadora do que as demais. Como ambas as cédulas apresentam relação de lados bastante semelhantes, a diferenciação entre elas é feita, essencialmente, pela informação das cores da imagem. No entanto, embora visualmente as notas apresentem cores distintas, ao analisar os componentes RGB das cores predominantes em ambas as cédulas verifica-se que os valores são próximos entre si e dispostos de forma que dificulta a distinção entre as classes com classificação linear. Por esse motivo, foram os únicos passos nos quais a SVM treinada utiliza uma RBF como *kernel* para a classificação.

Quando o sistema informa que uma cédula foi classificada como R$ 0, significa que nenhum dos classificadores a reconheceu corretamente. Além disso, ressalta-se que o programa é capaz de classificar cédulas com orientação de 0º, 90º, 180º ou 270º. Outras orientações não foram desenvolvidas e testadas por serem dependentes do programa de extração.

Resultados

Nos testes realizados foram feitas classificações com 50 imagens. Exemplos dos gráficos de treinamento e classificação produzidos pela rede SVM com linear e função de base radial (parâmetro desvio-padrão σ = 1 da função gaussiana (HAYKIN, 2001, p.292)) encontram-se na Figura 8.

A matriz de confusão da Tabela 1 apresenta os resultados para as 50 amostras testadas, das quais apenas seis foram confundidas (88% de acerto), sendo duas cédulas de R$ 50 confundidas com a de R$ 20; duas de R$ 20 confundidas com a de R$ 50 e outra de R$ 20 não foi identificada pelos classificadores sendo-lhe atribuído o valor de R$ 0, e uma nota de R$ 10 foi confundida com R$ 50.



(a) Cor azul R$ 5 - função radial.

(b) Cor azul R$ 100 - função linear.

Figura 8: exemplos de classificadores SVM (a) radial e (b) linear.

Tabela 1. Matriz de confusão.

		Expectativa					
	Valor das notas	2	5	10	20	50	100
Resultado Obtido	2	***10***	0	0	0	0	0
	5	0	***7***	0	0	0	0
	10	0	0	***8***	0	0	0
	20	0	0	0	***5***	2	0
	50	0	0	1	2	***8***	0
	100	0	0	0	0	0	***6***
	0	0	0	0	1	0	0
	Soma	10	7	9	8	10	6

Esses erros indicam que o código deve ser revisado e os classificadores para estes valores alterados para melhor separar os dois casos, cuja semelhança pode ser atribuída à proximidade da relação dos lados e cores próximas, conforme ilustrado na Figura 9, com os resultados de dois dos três erros, como pode ser verificado no texto escrito sobre a imagem que apresenta o resultado escrito diretamente pelo programa para a cédula apresentada na imagem. Além disso, mais testes com mais amostras a serem classificadas devem ser feitos para avaliar a real capacidade da rede em classificar os dados a ela apresentados.

(a) Classificação da nota de R$ 50 como R$ 20.

(b) Classificação de nota não identificada.

Figura 9. Exemplos de erros em cédulas de (a) R$ 50 e (b) R$ 20 em espaço de dados distintos.

Considerações finais

Conclui-se que a taxa de acertos da classificação das cédulas do Real foi de 88%, sendo corretamente classificadas 44 cédulas em um total de 50. Os classificadores de R$ 20 e R$ 50 ainda trocam alguns resultados entre si. Baseando-se no ocorrido para as notas de R$ 2 e R$ 5, pode-se testar a eficácia da classificação com funções radiais para estas duas cédulas. As funções radiais permitiram distinguir melhor as cédulas de R$ 2 e de R$ 5 entre si do que as lineares anteriormente utilizadas, permitindo destacar que a classificação é feita de forma melhorada usando as cores principais dos dois modelos, característica que não é possível de ser notada com o classificador linear. Apenas uma cédula de R$ 20 não foi identificada e os demais erros estão relacionados às trocas de cédulas de R$ 20 e de R$ 50 entre si; dessa forma, o refinamento dos classificadores deve ser feito para estes dois elementos.

Com relação aos trabalhos futuros, pretende-se avançar, permitindo que a rede reconheça tanto cédulas novas quanto antigas, diferencie frente e verso, analise cédulas orientadas em posições não ortogonais e reconheça os padrões mesmo quando o modelo de espaço de dados contiver outros objetos além das cédulas, quando o fundo não for branco, e também se houver sobreposição de cédulas. Com isso, pode-se generalizar a rede, ampliando seus padrões de entrada e projetando-se um sistema de reconhecimento mais robusto.

Referências

ALHADIDI, B; ZU'BI, M. H.; SULEIMAN, H. N. Mammogram breast cancer image detection using image processing functions. *Information Technology Journal*, v.6, n.2, p.217-221, 2007.

ALTHAFIRI, Ebtesam, et al. Bahraini paper currency recognition. *Journal of Advanced Computer Science and Technology Research*, v. 2, n. 2, p. 104-115, 2012.

BERTANHA, L. L. et al. Recognition of Brazilian Currency Notes via Feature Point Extraction. In: IX WVC 2013. vol. 9. Anais., Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://iris.sel.eesc.usp.br/wvc/Anais_WVC2013/Oral/1/2.pdf >. Acesso em: 06 set. 2016.

BCB – Banco Central do Brasil. *Segunda Família do Real*. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/novasnotas/index.html>. Acesso em: 14 ago. 2015.

FROSINI, A. et al. A neural network-based model for paper currency recognition and verification, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 7, no. 6, pp. 1482-1490, Nov 1996. doi: 10.1109/72.548175

GUO, J. et. al. A reliable method for paper currency recognition based on LBP, *2010 2nd IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content*, Beijing, 2010, pp. 359-363. doi: 10.1109/ICNIDC.2010.5657978

HASSANPOUR, H. et. al. Feature extraction for paper currency recognition, *Signal Processing and Its Applications, 2007. ISSPA 2007. 9th International Symposium on*, Sharjah, 2007, pp. 1-4. doi: 10.1109/ISSPA.2007.4555366

MAHMOOD, N.H. et al. Measurement of the area and diameter of human pupil using Matlab. *5th Kuala Lumpur International Conference on Biomedical Engineering 2011*. Springer Berlin Heidelberg, p.686-689. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/ 10.1007/978-3-642-21729-6_167>. Acesso em: 07 jun. 2017.

HAYKIN, Simon*. Redes Neurais:* princípios e prática*. 2. Ed. Bookman, 2001.*

HAYKIN, Simon*. Neural Networks* and Learning Machines. 3. Ed. Pearson, 2009, pp. 1-46.

HEIMES F.; VAN HEUVELN B. The normalized radial basis function neural network. *Systems, Man, and Cybernetics, 1998. 1998 IEEE International Conference on*, v.2. p.1609-1614. San Diego, CA, 1998,. doi: 10.1109/ICSMC.1998.728118. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/728118/>. Acesso em: 03 jul. 2016.

HIGA,J.C.K. Desenvolvimento de técnicas para detecção e reconhecimento automático de números de série para cédulas de Real. 2015. Disponível em: <http://bdm.unb.br/handle/10483/11047>. Acesso em: 06 set. 2016.

QIAN, Ji et. al*.* A Digit Recognition System for Paper Currency Identification Based on Virtual Instruments. *2006 International Conference on Information and Automation*, Shandong, 2006, pp. 228-233. doi: 10.1109/ICINFA.2006.374117

REZENDE,S.O. . *Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações*. 1. Ed. Manole, 2003. ISBN 85-204-1683-7

SONG, Y. et al. Decolorization: Is rgb2gray () out?. *SIGGRAPH Asia 2013 Technical Briefs. ACM, 2013*. p. 15. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2542374>. Acesso em: 07 jun. 2017.

TAKEDA, F.; OMATU, S. A neuro-money recognition using optimized masks by GA. In: *Advances in Fuzzy*

Logic, Neural Networks and Genetic Algorithms. Springer Berlin Heidelberg, 1994. p. 190-201.
TAKEDA, F.; NISHIKAGE, T. Multiple kinds of paper currency recognition using neural network and application for Euro currency, *Neural Networks, 2000. IJCNN 2000, Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on*, Como, 2000, pp. 143-147 v.2. doi: 10.1109/IJCNN.2000.857888
TEIXEIRA, V.V.et al. Aplicativo identificador de cédulas para deficientes visuais. *Revista de Informática Aplicada*, v. 11, n. 1, 2016. Disponível em: <http://www.ria.net.br/index.php/ria/article/view/139/151>. Acesso em: 06 set. 2016.
THEODORIDIS, S.; KOUTROUMBAS, K. *Pattern Recognition*, 4. Ed. Academic Press, 2008.
VAPNIK, V. N. *Statistical Learning Theorv*. John Willey & Sons, 1998.
VAPNIK, V. N. *The Nature of Statistical Learning Theorv*. Springer-Verlag, 1995.
ZHANG, E.H. et. al. Research on paper currency recognition by neural networks, *Machine Learning and Cybernetics, 2003 International Conference on*, 2003, pp. 2193-2197 Vol.4. doi: 10.1109/ICMLC.2003.1259870

FTT JOURNAL
of Engineering and Business

Desenvolvimento de jogo Platformer em Unity: Vlad, the Platformer

Development of a platformer game in Unity: Vlad, the Platformer

Fernando Sarturi Prass *(fprass@gmail.com)*

Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor do Centro Universitário Franciscano (Unifra) e diretor administrativo da FP2 Tecnologia.

Marcos Righi Brasil *(marcos_righi@yahoo.com.br)*

Bacharel em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Universitário Franciscano (Unifra)

FTT Journal of Engineering and Business. • SÃO BERNARDO DO CAMPO, SP

SETEMBRO 2017 • ISSN 2525-8729

Submissão: 14 abr. 2017. **Aceitação:** 26 jun.. 2017

Sistema de avaliação: às cegas dupla (*double blind review*).

FACULDADE TECNOLOGIA TERMOMECANICA, p. 79 - 94

Engenharia de Computação

Resumo

Jogos são uma das formas de entretenimento modernas mais populares no mundo. A indústria de jogos exige o trabalho de profissionais de diversas áreas para que os jogos mais ambiciosos possam se tornar realidade, como computação gráfica, programação, som e design. O desenvolvimento de um jogo é um processo longo, complexo e difícil. Visando conhecer e aprender com o desenvolvimento de um jogo inspirado em Castlevania, do gênero platformer, foi criado um protótipo de um jogo utilizando o motor de jogos Unity. Este trabalho apresenta o processo de desenvolvimento do protótipo, que tem uma fase demonstrativa e as principais mecânicas de jogo implementadas.

Palavras-chave: Desenvolvimento. Jogos. Arcade. Unity.

Abstract

Games are one of the world's most popular modern forms of entertainment. The games industry requires the work of professionals from several areas so that the most ambitious games can come true, in areas like computer graphics, programming, sound and design. The development of a game is a long, complex and hard process. Aiming to know and learn with the development of a game inspired in Castlevania, from the genre platform, a prototype of a game was created utilizing the Unity game engine. This paper shows the development process of the prototype, who has a demonstration level and the main game mechanics implemented.

Keywords: Development. Games. Arcade. Unity.

Introdução

Jogos são uma das formas de entretenimento mais populares do mundo e uma das indústrias que mais movimentam dinheiro, ultrapassando até mesmo a indústria do cinema (CHATFIELD, 2009). Em 2014, consumidores gastaram US$ 22 bilhões em jogos, hardware e acessórios, incluindo compras de jogos para dispositivos móveis, assinaturas e jogos em redes sociais. No Brasil, considerando-se os moradores das principais regiões metropolitanas, 41% afirmaram possuir um console de *videogame* (IBOPE, 2012) e a previsão é que sejam gastos US$ 844 milhões nesse mercado (FLEURY; NAKANO; CORDEIRO, 2014, p. 33).

O desenvolvimento de jogos envolve processos criativos e tecnológicos, exigindo dos desenvolvedores não apenas a capacidade de idealizar e criar os elementos que definirão o jogo, mas também a capacidade de unir todos os elementos em um produto final. É um processo complexo, cujo trabalho pode ser dividido entre membros de uma equipe com diferentes especialidades. Apesar da dificuldade, equipes pequenas, e até mesmo desenvolvedores individuais, também conseguiram produzir jogos, denominados jogos *indies*, ou independentes. São jogos que, muitas vezes, obtêm destaque por possuírem características inovadoras (DUTTON, 2012).

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de um jogo com mecânicas de *gameplay* (jogabilidade) de jogos do gênero plataforma inspirado em jogos da franquia Castlevania, chamado Vlad, the Platformer, cuja temática envolve vampiros, monstros e castelos góticos.

Para o desenvolvimento do protótipo foi utilizado o Unity, um *game engine* (motor de jogos) que fornece bibliotecas gráficas, físicas e um sistema de *scripts* (LEWIS E JACOBSON, 2002), necessários para o desenvolvimento do jogo.

Referencial teórico

Esta seção apresenta brevemente alguns gêneros e motores de jogos, com maior ênfase para o gênero plataforma e para o motor Unity.

Gêneros de jogos

Para facilitar a classificação de jogos, eles são divididos por gênero. Existem gêneros de natureza classificativa mais abrangente, como ação, aventura, estratégia; e também mais específicos, também chamados de subgêneros, como *survival* (sobrevivência) ou *tower defense* (defesa de torres). O gênero reflete as principais características do jogo (RABIN, 2012).

O jogo desenvolvido neste trabalho é do gênero plataforma, ou *platformer*, com perspectiva 2D e fases no qual o jogador utiliza movimentos e habilidades para ultrapassar obstáculos (RABIN, 2012). São exemplos de jogos do tipo *platformer* o Super Mario World (Nintendo) e o Castlevania: Symphony of the Night (Konami), sendo que este último é resultado da combinação de *platformer* com ação e aventura.

Game Engines

Um *game engine*, em português, motor de jogos, pode ser definido como uma "coleção de módulos de códigos de simulação que não especificam diretamente o comportamento de um jogo (lógica do jogo) ou o ambiente do jogo (dados de níveis)" (LEWIS; JACOBSON, 2002). Em outras palavras, *engines* auxiliam o desenvolvimento de jogos, proporcionando as ferramentas necessárias para trabalhar os vários aspectos de um jogo, como cenários, áudio, animações e simulação de física.

Para o desenvolvimento de jogos, existem as opções de construir o próprio motor de jogos ou utilizar um através da aquisição de uma licença. Um exemplo de *engine* é a Unreal Engine 3 (EPIC GAMES, 2016), que possibilita a criação de jogos de inúmeros gêneros e estilos diferentes, porém a complexidade da ferramenta a torna difícil de ser utilizada por desenvolvedores menos experientes. Outro exemplo é a Source que, apesar de completa, é mais acessível que a primeira. Ambas são focadas no desenvolvimento de jogos 3D. O Unity, *engine* utilizado neste trabalho, oferece suporte ao desenvolvimento tanto de jogos 3D como de 2D, com um módulo e ferramentas específicas para facilitar o trabalho com 2D.

Unity

Unity é uma *engine* desenvolvida pela Unity Technologies. Este projeto utilizou a versão 4.6.3, a mais atualizada disponível no início do desenvolvimento do protótipo. Não foram realizadas atualizações durante o desenvolvimento para se evitar problemas de incompatibilidade com o que já havia sido finalizado. Duas características foram consideradas para levar à escolha da Unity como *engine*: 1) o fato de ela possibilitar o desenvolvimento de jogos de diferentes gêneros e graus de complexidade; e 2) o módulo dedicado especificamente ao desenvolvimento de jogos 2D.

Entre as ferramentas e componentes disponíveis estão as que lidam com física, gráficos, *scripting*, áudio, animação e UI (*User Interface*). A parte gráfica é composta de vários recursos que são utilizados para compor o aspecto visual do jogo, como texturas, iluminação, a câmera do jogo e *shaders*. *Shaders* definem como a superfície de objetos reage aos elementos externos; através de *shaders* é possível gerar efeitos de reflexão em superfícies de vidros e de espelhos, ou efeitos dinâmicos onde a água de um cenário reflete a iluminação do mundo à sua volta através de suas ondas.

Scripting refere-se à programação dentro do Unity, que é realizada através de *scripts*. Os *scripts* podem ser escritos em C#, Javascript ou Boo (removida a partir da versão 5.0).

Entre as várias finalidades de *scripts*, uma das principais é a leitura de *input* (entrada, ou seja, comandos) do jogador e a organização de eventos que deverão ocorrer dentro do jogo. Outros usos de *scripts* envolvem a manipulação do comportamento físico de objetos, ou mesmo a implementação de um sistema de inteligência artificial para personagens de um jogo.

A seguir, estão descritos alguns componentes e elementos básicos do Unity, necessários para a compreensão do processo de desenvolvimento deste trabalho:

- *Scene*: contém todos os objetos presentes em uma cena de um jogo; exemplo: várias *scenes* podem ser criadas para conter diferentes fases de um mesmo jogo, cabendo ao desenvolvedor implementar a transição de uma cena para outra. Uma vez adicionados objetos na cena, organizados e definidos seus comportamentos (propriedades), componentes e *scripts*, o Unity se encarrega de garantir que todos esses elementos funcionem em sintonia.
- *GameObject*: todo objeto que existe dentro de uma cena de um jogo é um *GameObject* como, por exemplo, o personagem controlado pelo jogador e elementos do cenário. Componentes podem ser acoplados a um *GameObject*, por exemplo: se for adicionado um componente *RigidBody* a um objeto 3D (como um cubo ou uma esfera), é possível aplicar forças físicas, como a força gravitacional, nesse objeto.
- *Prefabs*: são *GameObjects* exportados para fora da hierarquia interna do projeto com a finalidade de facilitar a criação de objetos que serão utilizados múltiplas vezes. É um modelo de *GameObject,* no qual atributos e componentes já estão configurados e definidos, eliminando a necessidade de programar cada objeto a partir do zero.

Metodologia

O processo de planejamento de um jogo é conhecido por *game design* e tem como objetivo concretizar as principais ideias acerca do jogo proposto. Porém, *game design* engloba muitos elementos que são necessários somente em um jogo completo, tais como personagens, enredo e temática. Como a proposta aqui era o desenvolvimento de um protótipo, muitos desses elementos seriam desperdiçados. Portanto, foram utilizados somente alguns dos princípios de *game design* para um jogo de escopo reduzido; são eles: definir as mecânicas de jogo; definir o personagem que será controlado pelo jogador e suas características e habilidades; elaborar uma fase para ser implementada; definir a interface do jogo e definir um objetivo simples para ser atingido. Esses e outros princípios para o desenvolvimento de jogos são apresentados por Guimarães Neto e Ernane (2014), Tonéis e Frant (2015) e Rabin (2012).

Proposta geral do jogo

O jogo, nomeado Vlad, the Platformer, tem seu *gameplay* inspirado em jogos do gênero *platformer*. Esses gêneros remetem a jogos em 2D, cujo foco é a exploração de ambientes fazendo uso de habilidades específicas para vencer obstáculos. Vlad, the Platformer foca no elemento de exploração, dando ao jogador habilidades específicas para serem utilizadas em fases com obstáculos diferentes. O protótipo contém uma fase demonstrativa, na qual o jogador deve fazer uso das habilidades do personagem para chegar ao final da fase.

Personagem e cenário

O protagonista do jogo, controlado pelo jogador, é um vampiro chamado Vlad, que pode andar em sua forma humana ou se transformar em um morcego, sendo possível atravessar trechos do cenário estreitos demais para serem percorridos na forma normal.

O cenário do jogo é composto por campos e plataformas ao ar livre, em um ambiente noturno. No final do cenário há um castelo, e o objetivo do protótipo se resume a chegar à porta desse castelo.

Movimentação e habilidades

A movimentação básica do personagem é semelhante à dos jogos da série *Super Mario World*: andar para a esquerda (seta para esquerda), para a direita (seta para direita), e pular (barra de espaço). Quando o jogador utilizar a ação de pular, ele terá controle sobre a direção do salto no ar. O jogador tem liberdade para ir e voltar à vontade pelo cenário. A câmera do jogo acompanha o personagem centralizado na tela.

Além da capacidade de movimentação, o personagem dispõe de habilidades que devem ser específicas para ultrapassar os obstáculos. São elas:

Pulo duplo: ao apertar a barra de espaço durante um salto, é realizado um segundo salto. Utilizado para alcançar lugares mais altos.

Salto em paredes: se, durante um salto, o personagem encostar em alguma parede, ao se apertar a barra de espaço o personagem utiliza a parede para impulsionar e realizar um outro salto na direção oposta à parede.

Dash: é uma arrancada veloz que o personagem pode realizar para uma direção específica (esquerda ou direita) ao se apertar a tecla *shift*. Essa arrancada é feita na forma de morcego, ou seja, Vlad se transformará em morcego, e nessa forma ele arrancará velozmente para a direção escolhida e, ao final do voo, voltará à forma normal de vampiro (vide esquema na Figura 10). O voo tem uma trajetória limitada.

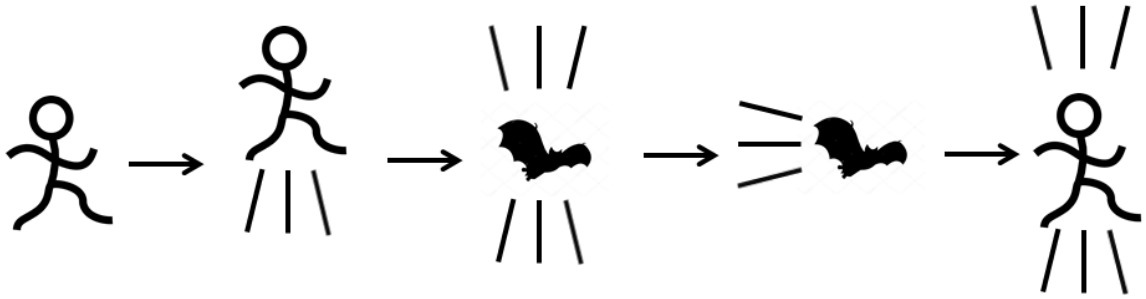


Figura 10. Desenho representando a ação da habilidade *Dash*.

Descrição da fase do jogo

Para demonstrar o uso das mecânicas do jogo em ação, foi desenhada a fase do protótipo do jogo. Pode-se observar na Figura 2 que o personagem do jogador inicia a ação onde está indicada a letra A. O objetivo da fase é chegar até a porta do castelo, localizada na parte superior da fase, próximo à letra F.

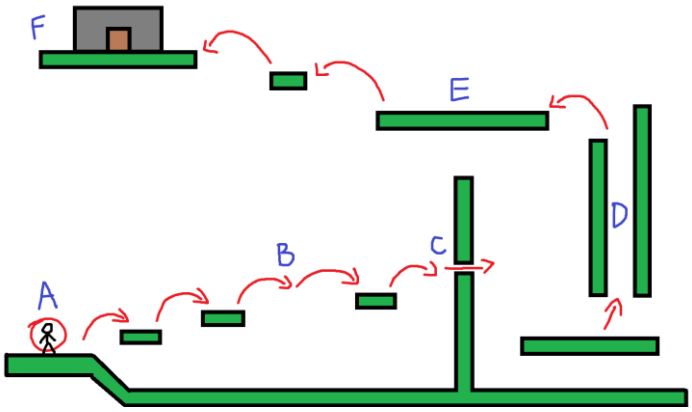


Figura 11. Rascunho da fase protótipo do jogo.

A fase pode ser finalizada da seguinte forma: o jogador (A) pula nas duas primeiras plataformas e utiliza a habilidade "pulo duplo" para alcançar a terceira (B). Para ultrapassar o obstáculo seguinte (C), é preciso usar a habilidade de transformação em morcego, pois o caminho é muito estreito. No próximo obstáculo (D), o jogador deve utilizar a habilidade de salto em paredes, pois existem duas colunas próximas entre si que permitem que o jogador as escale até a parte superior. Chegando à plataforma maior (E), o jogador deve seguir para a esquerda, pulando a última plataforma e, por fim, alcançando a porta do castelo (F), quando é exibida uma mensagem informando o fim da fase.

Desenvolvimento do jogo

O primeiro passo do desenvolvimento foi criar a *scene* principal, na qual posteriormente foi construída a fase jogável do protótipo. Com a cena criada, o objetivo seguinte foi obter texturas para poder representar graficamente os elementos principais do jogo: o personagem e o cenário. Todas as texturas utilizadas no protótipo (ver Figura 12) foram obtidas do site OpenGameArt.org, que disponibiliza recursos gráficos e sonoros para uso, alguns com licenças gratuitas. As texturas obtidas foram divididas e organizadas conforme a necessidade, utilizando o *Sprite Editor* da Unity. Para estabelecer um padrão nas dimensões dos *sprites*, foram utilizadas texturas divisíveis por 16 *pixels*.

Figura 12. Algumas das texturas obtidas para serem utilizadas no jogo.

Finalizados os ajustes das texturas do cenário e do personagem, iniciou-se o desenvolvimento dos primeiros objetos do jogo. Primeiramente, como já haviam sido adicionadas texturas dedicadas ao cenário, foi preciso trabalhar com as dimensões definidas previamente: 16x16 *pixels*. Na construção de um elemento do cenário, é possível que ele tenha dimensões maiores: uma plataforma pode ser composta de várias texturas unidas, por exemplo. Ao adicionar uma textura na cena, ela surge na forma de um objeto. Todos os objetos presentes em uma cena aparecem organizados em uma hierarquia. Para tornar a criação de cenários mais organizada, é possível tornar um objeto em um *child* (filho) de outro objeto.

Portanto, para criar uma plataforma, primeiro cria-se um objeto vazio na cena; todas as texturas que irão compor essa plataforma são adicionadas como filhos desse objeto. É importante salientar que, se alguma propriedade de um objeto *parent* (pai) for alterada, todos os objetos filhos serão influenciados por essa alteração. Se um objeto pai for transladado, todos os objetos filhos serão movidos junto com ele. Isso acaba facilitando a manipulação dos elementos do cenário dentro da cena.

Concluída a parte gráfica da plataforma, foram adicionados dois componentes para que ela possa ter presença física dentro do jogo, ou seja, para que o personagem possa caminhar e permanecer sobre ela. O primeiro componente foi um *Rigidbody 2D* (corpo rígido 2D), que faz o objeto ser influenciado pela física da *engine*. Como o objeto em si é uma plataforma que faz parte do cenário e é fixa, ela não deve ser movida pela gravidade nem pelo contato com outros objetos; então alguns parâmetros foram

alterados para que a plataforma ignore essas forças e permaneça fixa em sua posição. O segundo componente foi um *Box Collider 2D* (colisor de caixa em 2D), que define as dimensões do *Rigidbody 2D* do objeto. Um *rigidbody* precisa de um *collider* para especificar quais as dimensões exatas do corpo do objeto; no caso de uma plataforma, um *collider* no formato de um retângulo foi a escolha ideal. Com esses componentes adicionados e ajustados, a plataforma estava finalizada.

O próximo elemento a ser criado foi o personagem, cujas texturas obtidas continham vários quadros de animação, entre eles: parado, caminhando, pulando e sendo atingido. Foi criado o objeto do jogador, adicionadas as texturas do personagem parado e adicionados os componentes *Rigidbody 2D* e um *Box Collider 2D*. Um ajuste feito no *Rigidbody* fixou o ângulo do personagem, para ele não cair quando estiver na beira de uma plataforma. Depois iniciou-se a programação do personagem, com a implementação dos movimentos mais básicos: caminhar e pular. A programação dessas funcionalidades foi realizada juntamente com o desenvolvimento das suas animações.

Para lidar com animações, a Unity possui dois módulos: *Animator* (animador) e *Animation* (animação); com o *Animator* é possível criar estados de animação de um objeto e estabelecer relações entre esses estados, e com o *Animation* é possível editar a ordem e o fluxo dos quadros de cada animação específica. Para o personagem, foram criados quatro estados de animação: *Idle*, quando o personagem está parado; *Moving*, quando o personagem está caminhando; *Rising*, quando o personagem está subindo (início de um pulo) e *Falling*, quando o personagem está caindo (depois de um pulo ou após cair de uma plataforma). O relacionamento entre os estados de animação pode ser observado na Figura 13.

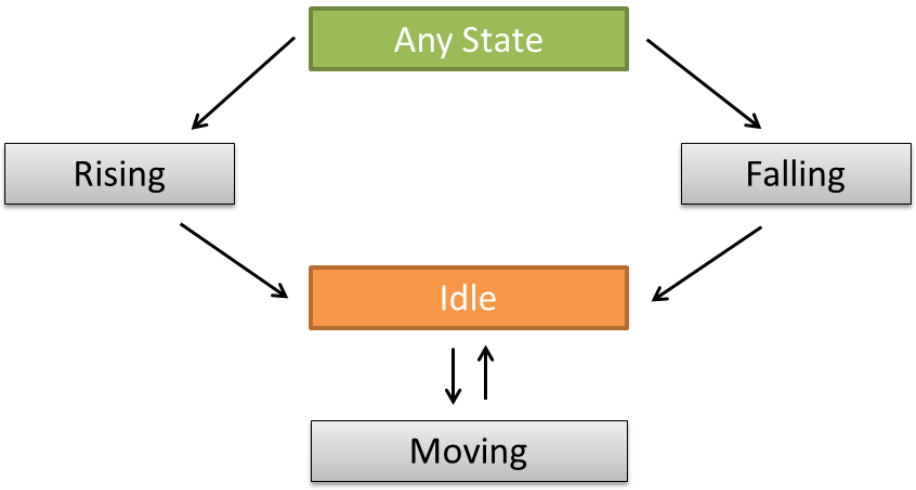


Figura 13. Fluxograma de estados de animação e seus movimentos relacionados no módulo Animator do Unity.

A programação de objetos em uma cena é feita através de *scripts*, que suportam múltiplas linguagens de programação. Por questão de familiaridade do autor, a linguagem escolhida para este projeto foi C#. Todo *script* novo criado inclui algumas importações básicas, uma classe com o mesmo nome do *script* herdado da classe

MonoBehaviour, e dois métodos, *Start* e *Update*. A classe *MonoBehaviour* é a base para todos os scripts da Unity e contém diversas funções e variáveis necessárias para o funcionamento de objetos no jogo. Os métodos *Start* e *Update* são derivados da classe *MonoBehaviour*; elas funcionam da seguinte forma: o *Start* é chamado na primeira vez que um objeto é ativado dentro do jogo, e somente essa única vez, funcionando de modo semelhante a um construtor; já o método *Update* é chamado a cada *frame* de execução do jogo, então é um método muito útil para, por exemplo, capturar o *input* do jogador.

Para fazer o personagem se movimentar, no entanto, não pode ser utilizado o método *Update*, pois, dependendo da taxa de quadros da execução do jogo em um determinado computador ou dispositivo, o resultado será diferente. Como é necessário fazer com que o jogo funcione da mesma forma, independentemente do dispositivo, foi utilizada a função similar *FixedUpdate*, a qual é utilizada em uma taxa de quadros fixa pela própria Unity. Em vista disso, a melhor prática é sempre utilizar esta função quando for trabalhar com a física do objeto, e a função *Update* para outros propósitos.

É preciso obter o *input* do jogador para que o personagem reproduza algum movimento dentro do jogo. Para o personagem caminhar, como a perspectiva do jogo é 2D, o tipo de *input* que deve ser obtido é aquele que indica movimento horizontal dentro do eixo do jogo. Para isso, foi utilizada a função *Input.GetAxisRaw ("Horizontal")*, que retorna a 0 (zero) caso nenhum *input* tenha sido recebido, a -1 (um negativo) quando indicar movimento para a esquerda e a 1 (um) quando indicar movimento para a direita. Com esses valores, é possível utilizá-los na função de translação da Unity para mover o *Transform* do personagem dentro da cena. O *Transform* é um componente que existe em todos os objetos contidos em uma cena, e armazena todos os valores de posicionamento de um objeto, sendo eles: posição, rotação e escala. A função *Translate* serve para mover a posição de um *Transform*. Entretanto, cabe frisar que utilizar somente o resultado do *input* para mover o objeto não é recomendado, pois o intervalo de valores é muito baixo (entre um negativo e um). Para se ter mais controle sobre a velocidade de movimento do personagem, cria-se uma variável *float* (que pode ser chamada de *speed*, velocidade) para multiplicar o valor de *input* e definir o quão rápido o personagem caminha dentro do jogo, conforme mostra a Figura 14.

```
85      void Move (float horizontal) {
86          movement.Set (horizontal, 0f);
87
88          playerTransform.Translate (movement * speed * Time.deltaTime);
89
90          moving = horizontal != 0;
91      }
```

Figura 14. Função para mover o personagem no eixo horizontal.

A função *Move* é chamada uma vez a cada quadro de execução. Como a taxa de quadros pode variar de uma execução para outra, a quantidade de chamadas da função *Move* é inconsistente. Multiplicar os valores de translação pela variável *Time.deltaTime*, utilizada na linha 88 da Figura 5, possibilita que o resultado de múltiplas chamadas a essa função seja constante e independente da taxa de quadros de cada execução.

Para o personagem poder pular, a programação foi feita da seguinte forma: caso o jogador tenha apertado a barra de espaço, o botão definido para pular, é aplicada uma força direcionada para cima ao *Rigidbody* do personagem (ver Figura 9). Uma das habilidades do personagem é realizar um pulo duplo; portanto, foi usado um contador para verificar quantos saltos o personagem já fez até tocar novamente o chão. A função *AddForce* soma uma força sobre todas as forças físicas que já estão em ação sobre o personagem. Essas forças que agem sobre um objeto podem ser obtidas e alteradas no atributo *velocity* (velocidade), presente no *Rigidbody* do objeto. Sabendo disso, para que o segundo pulo não fique mais forte ou mais fraco que o primeiro e tenha um resultado padronizado, é necessário zerar a *velocity* do personagem, como pode ser visto na linha 95 da Figura 15.

```
93      void Jump () {
94          if (jumpCommand) {
95              playerRigidBody.velocity = Vector2.zero;
96              playerRigidBody.AddForce (new Vector2 (0f, 10f) * jumpForce);
97              jumpCommand = false;
98          }
99      }
```

Figura 15. Função para o personagem pular.

Com as funcionalidades de caminhar e pular finalizadas, é realizada a implementação das animações para essas respectivas ações do personagem. Como foi descrito anteriormente, animações possuem estados e esses estados possuem relações entre si. Essas relações permitem que um objeto transite de um estado de animação para outro, como, por exemplo, do estado de animação “parado” para o estado “em movimento”. Para transitar entre um estado e outro, são utilizados parâmetros que podem ser alterados nos *scripts* conforme a necessidade. Neste projeto, foram utilizados parâmetros booleanos para realizar essas transições. São eles: *IsMoving* (está se movendo), *IsGrounded* (está em contato com o chão) e *IsFalling* (está caindo). A lógica utilizada para organizar as animações pode ser analisada na seguinte tabela verdade (estados de animação na Figura 16):

IsMoving	IsGrounded	IsFalling	Estado de Animação
0	0	0	*Rising* (subindo)
0	0	1	*Falling* (caindo)
0	1	0	*Idle* (parado)
0	1	1	*Idle* (parado)
1	0	0	*Rising* (subindo)
1	0	1	*Falling* (caindo)
1	1	0	*Moving* (movendo)
1	1	1	*Idle* (parado)

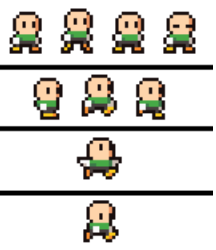


Figura 16. À esquerda, tabela verdade dos estados de animação; à direita, os estados de animação do personagem, de cima para baixo: *Idle, Moving, Rising e Falling*.

Para verificar se o personagem está em contato com o chão foi utilizado um *collider* configurado como um *trigger* (gatilho), chamado *floor trigger*. Um *trigger collider* funciona da seguinte forma: ele não possui *Rigidbody*, ou seja, objetos com corpo sólido podem passar pela área do *trigger*. Sempre que um objeto em uma cena entrar na área do *trigger*, são ativadas algumas funções. Verifica-se se o jogador está em contato com o chão da seguinte maneira: enquanto o *trigger* detectar que um objeto que faz parte do cenário entrou em sua área (através do método *OnTriggerStay2D*), ele mantém o valor do parâmetro *grounded* (que está no *script* do personagem) como *true*; e sempre que o *trigger* detectar que um objeto identificado como parte do cenário saiu de sua área (através do método *OnTriggerExit2D*), ele define *grounded* como *false*. A área do *trigger collider* foi posicionada aos pés do personagem, como pode ser visto na Figura 17.

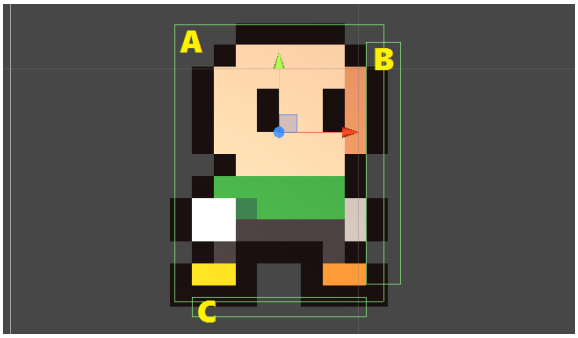


Figura 17. Os três *colliders* do personagem, representados por retângulos. Collider A: *Rigidbody* do personagem. Collider B: *wall trigger*. Collider C: *floor trigger*.

Um ponto importante a ser destacado é como um *trigger* identifica que um objeto que entrou em sua área faz parte do cenário. Todo *GameObject* possui um atributo opcional chamado *tag* (etiqueta), e *tags* podem ser determinadas pelo desenvolvedor. O personagem controlado pelo jogador tem a *tag Player*, que é utilizada somente por ele. Já os elementos do cenário, como plataformas e paredes, compartilham a *tag Level Block* (bloco de fase). No caso do *trigger* citado no parágrafo acima, ele irá reagir sempre que identificar que o objeto que entrou ou saiu de sua área possui essa *tag*.

Com o personagem em movimento, surge a necessidade de a câmera acompanhá-lo enquanto percorre a fase. A implementação foi realizada visando a um movimento suave da câmera acompanhando o personagem. Para isso, primeiro foi preciso obter duas posições: a posição atual da câmera e a nova posição do jogador em movimento. Em seguida, foi utilizada a função *Vector3.SmoothDamp*, que compara as duas posições recebidas e executa o movimento suavizado de acordo com o valor recebido no parâmetro *smoothness* (suavidade), conforme a

Figura 18.

```
15          Vector3 currentPosition = new Vector3 (
16                                        transform.position.x,
17                                        transform.position.y,
18                                        -10f
19                                    );
20          Vector3 targetPosition = new Vector3 (
21                                       playerTransform.position.x,
22                                       playerTransform.position.y,
23                                       -10f
24                                   );
25
26          transform.position = Vector3.SmoothDamp (
27                                   currentPosition,
28                                   targetPosition,
29                                   ref velocity,
30                                   smoothness
31                               );
```

Figura 18. Comandos utilizados no método *FixedUpdate* da câmera que acompanha o jogador, com o propósito de suavizar o movimento da câmera.

Durante o período do desenvolvimento, foram realizadas algumas expansões no tamanho da fase. As texturas do jogo foram modificadas para serem influenciadas por iluminação. Por padrão, texturas bidimensionais não têm essa característica. Para mudar isso, foi preciso criar um novo material no projeto. Na Unity, materiais são utilizados para aplicar texturas em objetos 3D ou para modificar suas propriedades gráficas. Objetos 2D, por padrão, não precisam utilizar materiais para terem texturas no jogo. Foi criado um novo material, utilizando o tipo de *shader Sprites/Diffuse*, e esse material foi adicionado a todas as texturas utilizadas no jogo. A partir disso, foi possível adicionar várias fontes de iluminação ao longo do cenário, iluminando não somente o cenário, mas também o personagem.

O próximo objetivo de desenvolvimento foi implementar uma forma de o jogador se transformar em morcego. Nesse ponto, percebeu-se que haveria a necessidade de separar a forma padrão do personagem (a forma humana) da nova forma de morcego. Foram criados dois *GameObjects* como filhos do objeto *Player*, um deles chamado *Human Form* (forma humana) e o outro chamado *Bat Form* (forma morcego). Os componentes do personagem foram divididos entre esses dois objetos filhos, de forma que cada um contivesse somente seus respectivos componentes. Como a forma humana tem dimensões maiores que a forma de morcego, cada objeto ficou com seu respectivo *collider*. O *script* com as mecânicas do jogador foi movido para a forma humana, e um novo *script* foi criado para a forma de morcego. Ambas as formas compartilham o mesmo *Rigidbody* do seu objeto pai, o *Player*.

Com essa divisão dos componentes, realizar a transição entre a forma humana e a forma de morcego do personagem se tornou mais fácil. Na forma humana, foi programado que, quando o jogador apertar a tecla *shift*, o personagem realize a transformação, que ocorre da seguinte forma: o objeto *Bat Form* é ativado; no seu script é executado o método *StartFlight* (iniciar voo), e o objeto *Human Form* se desativa. No *script* da forma de morcego, o método *StartFlight* altera os valores do *Rigidbody* do personagem, de modo que o personagem transformado em morcego realize um movimento de voo em linha reta, no sentido no qual o personagem está direcionado. A duração do voo é de valor fixo, ou seja, quando a duração acaba, o personagem volta a se transformar em humano.

Wall grab (segurar-se em paredes) e *wall jump* (pular em paredes) foram as últimas habilidades implementadas no personagem. *Wall grabbing* permite que o personagem, ao entrar em contato com uma parede durante um salto, se agarre na parede e use esse atrito para diminuir sua velocidade de queda. *Wall jumping* é a habilidade que permite que o personagem, enquanto está utilizando a habilidade *wall grabbing*, utilize a parede na qual está se segurando para se impulsionar e pular na direção oposta. Por conseguinte, a segunda habilidade é dependente da primeira, então a implementação iniciou-se com a habilidade de segurar-se em paredes.

Para desenvolver a habilidade *wall grab*, foi criado um novo *trigger collider* para detectar quando o personagem entra em contato com alguma parede. Esse *collider*, chamado *wall trigger*, pode ser observado na Figura 10. O *wall grab* funciona da seguinte forma: é desativado o efeito da gravidade no *Rigidbody* do personagem e, ao invés do personagem cair com a força gravitacional, ele cai com uma velocidade fixa, mais lenta do que cai normalmente, para simular o atrito que o personagem está gerando ao segurar-se na parede. Além de estar próximo a uma parede, também é preciso satisfazer outros requisitos para que o personagem possa utilizar a *wall grab*, tais como: estar se movendo em direção à parede, estar no ar (ou seja, durante um salto) e estar caindo. Com esses requisitos cumpridos, o jogador pode realizar o *wall jump* apertando a barra de espaço.

A implementação da habilidade *wall jump* é diferente da implementação do pulo normal. Como é uma habilidade que deve ser utilizada mais de uma vez em uma única jogada, é preciso fornecer um certo tempo após seu uso para que o jogador possa se preparar para o próximo *wall jump*. Essa função, conforme mostra a Figura 19, executa uma série de comandos. Primeiro, a gravidade do jogador é reativada, pois a habilidade a desativa, e o controle do personagem é removido do jogador. A remoção do controle é feita para garantir que o *wall jump* atinja o máximo de altura do salto antes de retornar o controle ao jogador. Após isso, é alterada a direção a qual o personagem está se dirigindo. Em seguida, são aplicadas as forças que fazem o personagem saltar adiante. Finalmente, depois do tempo de espera haver passado, o controle é finalmente retornado ao jogador.

```
37    IEnumerator WallJump () {
38        if (wallJumpCommand) {
39            ResetPlayerGravity ();
40
41            playerScript.SetFreeControl (false);
42
43            int directionMultiplier = playerScript.IsFacingRight () ? -1 : 1;
44
45            playerScript.FaceDirection (directionMultiplier);
46
47            playerRigidBody.velocity = Vector2.zero;
48            playerTransform.Translate (new Vector3 (0.1f * directionMultiplier, 0f, 0f));
49            playerRigidBody.AddForce (new Vector2 (4f * directionMultiplier, 10f) * wallJumpForce);
50
51            wallJumpCommand = false;
52
53            yield return new WaitForSeconds(0.4f);
54
55            playerRigidBody.velocity = Vector2.zero;
56            playerScript.SetFreeControl (true);
57        }
58    }
```

Figura 19. Função que executa a habilidade *wall jump* do personagem.

Para indicar o final da fase, foi adicionado na última plataforma do cenário um castelo com um portão. Para chegar até esse castelo, o jogador precisa fazer uso de todas as habilidades disponíveis ao personagem para poder ultrapassar os obstáculos distribuídos ao longo da fase.

Considerações finais

Os objetivos definidos na proposta geral do jogo foram alcançados. As mecânicas de *gameplay* referentes às habilidades do personagem foram implementadas e o design da fase cujo objetivo era exigir o uso de todas essas habilidades para completá-la cumpriu esse papel em sua implementação. Ao final deste trabalho, obteve-se o protótipo finalizado de Vlad, the Platformer, que serve como base de um jogo 2D do gênero plataforma.

A experiência obtida com a realização deste trabalho proporcionou uma nova perspectiva sobre o que consiste o desenvolvimento de jogos. Jogos são sistemas complexos e, assim como qualquer *software*, quanto mais ambiciosa for a sua proposta, maior será o grau de complexidade da sua implementação.

O que mais diferencia um jogo de um *software* tradicional em seu desenvolvimento é o fator criativo. O objetivo principal de um jogo é entreter, e isso é feito através de aspectos que se beneficiam de um fator criativo de qualidade: o visual, o auditivo e o interativo. Esse objetivo não é cumprido somente com esses três aspectos trabalhados individualmente, mas em conjunto. Trabalhar em um jogo exige que o desenvolvedor busque soluções criativas e formas de fazer com que diferentes sistemas e funcionalidades se comuniquem corretamente e permaneçam em sintonia. Em conclusão, a etapa de criação de um jogo não reside somente em sua concepção, mas perdura durante todo o seu desenvolvimento.

Neste trabalho, as áreas que obtiveram maior foco foram programação, criação de fase e animações do personagem. Como foram utilizadas texturas disponibilizadas gratuitamente, o desenvolvimento do aspecto gráfico do jogo teve seu esforço reduzido. Se os recursos gráficos utilizados no projeto fossem criados a partir do zero, o tempo e esforço necessários para alcançar o que foi concluído seria inevitavelmente maior. A parte sonora do jogo não foi trabalhada, pois o foco do protótipo foi sobre as mecânicas do jogo.

Como sugestão de trabalhos futuros, pode-se citar: o desenvolvimento de inimigos, que envolveria trabalhar com inteligência artificial, além da implementação de um sistema de combate e de pontos de vida para o personagem principal, para que ele possa enfrentar tais inimigos. Também podem ser implementadas novas fases, menus de interface e outros elementos aos cenários, como plataformas móveis e armadilhas.

Referências

CHATFIELD, T. Videogames now outperform Hollywood movies [Internet]. *The Guardian,* 2009. Disponível em: www.theguardian.com/technology/gamesblog/2009/sep/27/videogames-hollywood. Acesso em 8, nov, 2016.

DUTTON, F. What is Indie? [Internet]. Eurogamer, 2012. Disponível em: www.eurogamer.net/articles/2012-04-16-what-is-indie. Acesso em 8, nov, 2016.

EPIC GAMES. Epic Games [Internet]. 2016. Disponível em: www.epicgames.com. Acesso em 10, out, 2016.

FLEURY, Afonso; NAKANO, Davi; CORDEIRO, José H. D. *Mapeamento da Indústria Brasileira de Jogos Digitais* [Internet]. Pesquisa do GEDIGames, NPGT, Escola Politécnica, USP, para o BNDES, 2014.

GUIMARÃES NETO, Ernane; LIMA, Leonardo. *Narrativas e personagens para jogos*. São Paulo: Érica, 2014, 152p.

IBOPE. Conheça as principais características de quem joga videogame no Brasil [Internet]. 2012. Disponível em: www.ibope.com.br/pt-br/noticias/Paginas/Conheca-as-caracteristicas-de-quem-joga-videogame-no-Brasil.aspx. Acesso em 10, out, 2016.

LEWIS, M. e Jacobson, J. Game Engines in Scientific Research, *ACM*, Vol. 45, No. 1. 2002.

RABIN, S. Introdução ao desenvolvimento de games, v. 1. Cengage Learning, 2ª ed. 2012.

TONÉIS, Cristiano N.; FRANT, Janete Bolite. *Do desenvolvimento e criação de puzzles para a produção de conhecimentos nos jogos digitais.* Teccogs: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas, TIDD | PUC-SP, São Paulo, n. 11, p. 95-114, jan-jun. 2015.