

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM TECNOLOGIAS COMPUTACIONAIS PARA O AGRONEGÓCIO

GENILSO GOMES DE PROENÇA

**FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS À SIMULAÇÃO,
PREVISÃO E AVALIAÇÃO DA SAZONALIDADE EM UMA
FECULARIA**

Dissertação de Mestrado

Medianeira

2017

GENILSO GOMES DE PROENÇA

**FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS À SIMULAÇÃO,
PREVISÃO E AVALIAÇÃO DA SAZONALIDADE EM UMA
FECULARIA**

Dissertação de Mestrado

Trabalho apresentado para obtenção do título de mestre junto ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – *Campus Medianeira*.

Orientador: Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos

Medianeira

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

P964f Proença, Genilso Gomes de

Ferramentas computacionais aplicadas à simulação,
previsão e avaliação da sazonalidade em uma feccularia /
Genilso Gomes de Proença – 2017.

119 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: José Airton Azevedo dos Santos

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica
Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em
Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, 2017.

Inclui bibliografias.

1. Controle de produção. 2. Planejamento.
3. Computação – Dissertações. I. Santos, José Airton
Azevedo dos, orient. II. Universidade Tecnológica Federal
do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias
Computacionais para o Agronegócio. III. Título.

CDD: 630

Biblioteca Câmpus Medianeira
Marci Lucia Nicodem Fischborn 9/1219



TERMO DE APROVAÇÃO

FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS APLICADAS À SIMULAÇÃO, PREVISÃO E AVALIAÇÃO DA SAZONALIDADE EM UMA FECULARIA

Por

GENILSO GOMES DE PROENÇA

Essa dissertação foi apresentada às catorze horas, do dia oito de dezembro de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio, Linha de Pesquisa Tecnologias Computacionais Aplicadas a Agroindústria, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio - PPGTCA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____.

Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos (Orientador – PPGTCA)

Prof. Dr. Carlos Aparecido Fernandes (Membro Interno – PPGTCA)

Profa. Dra. Edna Possan (Membro Externo – UNILA)

A via original com as assinaturas encontra-se na secretaria do programa.

A Deus, que se mostrou criador,
que foi criativo. Seu fôlego de vida em mim
me foi sustento e me deu coragem para
questionar realidades e propor sempre um
novo mundo de possibilidades.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado disposição, força de vontade e saúde para realizar esse trabalho.

Ao Prof. Dr. José Airton Azevedo dos Santos, braço amigo de todas as etapas deste trabalho.

A minha família, pela confiança e motivação.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração em relação a esta jornada.

Aos professores e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

Aos profissionais entrevistados, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

"A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, mas em ter novos olhos".

Marcel Proust

RESUMO

PROENÇA, G. G. **Ferramentas Computacionais Aplicadas à Simulação, Previsão e Avaliação da Sazonalidade em uma Fecularia**. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.119p.

A incorporação de tecnologias computacionais tende a agilizar o gerenciamento dos processos de produção e auxiliar no plano logístico das empresas, pois é capaz de a partir de dados armazenados, realizar análises e agregar informações valiosas em termos de conhecimento e avaliação de dados em busca de soluções para melhoria dos processos e gestão com maior qualidade. A presente pesquisa objetivou a realização de estudos em relação à variação da qualidade da matéria prima, ao longo do ano, por meio de dados documentais de 3 anos, dos teores de fécula das raízes de mandioca entregues pelos produtores. Os dados foram obtidos por meio de coletas de valores de massa em água por balança hidrostática existente na agroindústria e utilizada na qualificação do produto e cálculo de pagamento ao agricultor. Realizou-se uma avaliação do setor de recepção por meio de simulação dinâmica e estocástica, com base em resultados de tempos obtidos por acompanhamento *in loco* e coletas ao longo de dois anos nos meses de safra, bem como a construção de um modelo de previsão de demanda, baseado em dados de 10 anos de vendas de fécula, arquivados em banco de dados da empresa. A pesquisa pode ser classificada metodologicamente como um estudo de abordagem quantitativo e qualitativo, de natureza aplicada e objetivo explicativo, a qual se utilizou dos procedimentos das pesquisas documental e operacional. O objeto de estudo foi uma fecularia da região Oeste do estado do Paraná. Para a execução do estudo utilizou-se de diversos *softwares* computacionais tais como Arena[®], Statistica[®], Gretl, Action Stat[®], Wessa Net, NNQ e Stat Pro, visando identificar as técnicas mais adequadas para a simulação do processo de recepção e a previsão de demanda de produto acabado, auxiliando a tomada de decisão. Percebeu-se que a demanda pelo produto acabado vem crescendo ao longo dos anos e que após análise de previsão por modelo, apresentou tendência de continuar seu crescimento o que justifica a preocupação com a excessiva formação de filas no setor de recepção de matéria prima em épocas de safra, sendo que ficou evidente a necessidade de uma avaliação dos gargalos deste setor, dessa forma o realizou-se uma simulação para conhecimento mais aprofundado dos gargalos deste processo. Após a simulação observou-se que o principal gargalo do setor de recebimento do produto foi o equipamento de descarga. Porém estudando-se mais a fundo o processo observou-se que existem gargalos subsequentes a esse no sistema de estocagem e processamento da fécula, o que demandaria excessivos investimentos para o presente momento econômico. Dessa forma, acredita-se que seriam mais importantes propostas de alteração gerenciais, as quais foram apresentadas, bem como uma sugestão de alteração na metodologia de cálculo do valor a ser pago ao agricultor pela grama do amido, com objetivo de minimizar a entrega de raízes de forma muito superior nos meses de safra e a ociosidade em outros meses. As alternativas apresentadas podem auxiliar na redução da sazonalidade, porém cabe destacar que sempre existirá elevada interferência de fatores edafoclimáticos e genéticos que dificultarão a obtenção de raízes de mandioca com elevados teores de fécula em determinadas épocas do ano.

Palavras-chave: Planejamento e Controle da Produção. Avaliação Estatística de Dados. Cronoanálise de Processos Produtivos.

ABSTRACT

PROENÇA, G. G. **Computational Tools applied for Simulation, Forecasting and Seasonal evaluation in a Starch Cassava Industry**. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 119p.

The incorporation of computational technologies tend to streamline the management of the production processes and help in the logistical plan of the companies, because from the stored data, it is capable of performing analyzes and aggregate valuable information involving knowledge and data evaluation in search of solutions to improve both, processes and management. This study aimed to carry out studies on the variation of the quality of the raw material during the year through, the starch contents of the cassava roots delivered by the producers, using documentary data from 3 years ago. This data were obtained through collections of mass values in water by hydrostatic balance in the agricultural industry and used in the qualification of the product and payment calculation to the farmer. An evaluation of the reception sector was carried out through dynamic and stochastic simulation, based on the results of time obtained by in-situ monitoring and collection over two years in the harvesting months, as well as the building of a demand forecasting model, based on data from 10 years of starch sales, filed in the company's database. The research can be methodologically classified as quantitative and qualitative approach, with applied nature and explanatory objective, which used documental and operational researches procedures. The object of study was a cassava starch industry in the western region of Paraná. For the execution of the study, several computational softwares such as Arena®, Statistica®, Gretl, Action Stat®, Wessa Net, NNQ and Stat Pro were used to identify the most appropriate techniques for simulation of the reception process and the demand forecasting of finished product, assisting decision making. It was noticed that the demand for the finished product has been increasing over the years and that after analysis of forecasting by the model, it was shown a tendency to continue its growth which justifies the concern with the excessive formation of queues in the raw material reception sector during harvesting, and it was evident the need for an evaluation of the bottlenecks of this sector, so a simulation was carried out for a more in-depth knowledge of the bottlenecks of this process. After the simulation it was observed that the main bottleneck in the product receiving process was the discharge equipment. However, studying the process more deeply, it was observed that there are subsequent bottlenecks in the storage and starch processing systems, which would require excessive investments for the current economic moment. Due to this economic moment, it is believed that proposals of management alterations, which were presented, as well as a suggestion of alteration in the payment calculation methodology of the value to be paid to the farmer using the starch content in grams, aiming to minimize the high delivery of roots in the harvesting months and idleness in other months, would be more important. The alternatives presented may help reduce seasonality, but it is important to emphasize that there will always be high interference of genetic and edaphoclimatic factors that will make it difficult to obtain cassava roots with high starch content at certain times of the year.

Key-words: Planning and Production Control. Data Statistic Evaluation. Time Analysis of Production Processes.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|------------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 8 |
| 2 | OBJETIVOS | 10 |
| 2.1 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 10 |
| 3 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 11 |
| 3.1 | PROCESSO DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL | 11 |
| 3.2 | A CULTURA DA MANDIOCA | 12 |
| 3.3 | A FÉCULA E SUA PRODUÇÃO | 14 |
| 3.4 | TEORIA DAS FILAS E SIMULAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS | 17 |
| 3.5 | O EMPREGO DE SIMULAÇÃO EM AGROINDÚSTRIAS | 22 |
| 3.6 | PREVISÃO DE DEMANDA COM BASE EM SÉRIES TEMPORAIS | 23 |
| | REFERÊNCIAS | 27 |
| 4 | ARTIGO A: CONSTRUÇÃO DE MODELOS ESTATÍSTICOS BASEADOS NA AVALIAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICAS TEMPORAIS DA CULTURA DA MANDIOCA | 33 |
| 4.1 | RESUMO E ABSTRACT | 33 |
| 4.2 | INTRODUÇÃO | 34 |
| 4.3 | METODOLOGIA | 37 |
| 4.4 | RESULTADOS | 40 |
| 4.5 | CONCLUSÃO | 54 |
| | REFERENCIAS | 55 |
| 5 | ARTIGO B: PREVISÃO DE VENDA DE FECULA POR MEIO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADAS A DADOS DE UMA AGROINDÚSTRIA | 60 |
| 5.1 | RESUMO E ABSTRACT | 60 |
| 5.2 | INTRODUÇÃO | 61 |
| 5.3 | METODOLOGIA | 65 |
| 5.4 | RESULTADOS | 68 |
| 5.5 | CONCLUSÃO | 76 |
| 6 | ARTIGO C: SIMULAÇÃO DA DINAMICA OPERACIONAL DA RECEPÇÃO DE MANDIOCA EM UMA FECULARIA DO OESTE DO PARANÁ | 81 |
| 6.1 | RESUMO E ABSTRACT | 81 |
| 6.2 | INTRODUÇÃO | 82 |
| 6.3 | METODOLOGIA | 84 |
| 6.4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 90 |
| 6.5 | CONCLUSÃO | 96 |
| 7 | ARTIGO D: AVALIAÇÃO DA INFLUENCIA SAZONAL NOS TEORES DE FÉCULA PRESENTES NAS RAÍZES DE MANDIOCA | 99 |
| 7.1 | RESUMO E ABSTRACT | 99 |
| 7.2 | INTRODUÇÃO | 100 |
| 7.3 | METODOLOGIA | 102 |
| 7.4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 105 |
| 7.5 | CONCLUSÃO | 113 |
| 8 | CONCLUSÃO | 116 |
| | APÊNDICES | 118 |

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de técnicas como a simulação e a previsão de demanda são muito antigas, mas a agilidade fornecida pelos softwares computacionais são mais recentes e vem agilizando os processos. Porém o conhecimento de informática se faz necessário para o correto emprego dessas ferramentas computacionais, o que por vezes limita o uso por parte de alguns gestores que; ou não conseguem utilizá-las, ou as empregam de maneira equivocada e não confiam posteriormente em seus resultados (SANDERS; MANRODT, 2003).

De acordo com Mendes e Teixeira (2009), pode-se dizer que há um bom potencial de expansão na aplicação de softwares na agropecuária, sendo que no presente estudo os programas de simulação e estatísticos a serem utilizados, auxiliarão no fornecimento de indicadores para a agroindústria de forma a melhorar seu gerenciamento e a tomada decisão de forma mais consciente, o que no final proporciona uma melhoria no dimensionamento do tempo de espera para entrada da matéria prima no processo, da capacidade produtiva e da previsão de demanda da fecularia.

No que diz respeito às técnicas de simulação, autores como Freitas Filho (2008), Prado (2010), Silva et al. (2012) e King, Harrison e Chudleigh (2014), destacam a importância do uso dessas ferramentas computacionais, tais como os softwares Arena[®], Ururau e JaamSim e da agilidade que elas podem fornecer na simulação de vários tipos de processos, identificando de forma rápida os principais problemas de formação de gargalos, possibilitando a implementação virtual das possíveis soluções imaginadas pelo programador, que ao sugerir uma dessas soluções, já teria visualizado virtualmente o cenário do seu funcionamento real, o que reduz muito as chances de falhas na implementação das mudanças no processo produtivo.

A simulação é uma técnica utilizada pelas empresas para estudar o desempenho de determinados processos ou linhas de produção, por meio da utilização de diversos softwares disponíveis atualmente no mercado, que permitem imitar o funcionamento real de um sistema por computadores. As ferramentas de simulação são amplamente utilizadas no mundo, principalmente EUA, Japão e

Europa, permitindo analisar diversas alterações no cenário virtual sem custo e nem risco quando comparado ao cenário real, no Brasil é mais utilizada nas grandes empresas desde a década de setenta (PRADO, 2010).

O planejamento e controle de produção (PCP) de uma agroindústria se beneficia tanto da simulação quanto da previsão de demanda, sendo esta última extremamente importante, por oferecer uma boa relação com a manutenção de estoques adequados (TUBINO, 2007). Souza, Miranda e Samohyl (2008), explicam que existe a necessidade da realização de previsões constantes e que a tecnologia da informação por meio da aplicação de *softwares* pode auxiliar nessa tarefa, por reduzir o tempo gasto com os cálculos e auxiliar a empresa em uma tomada mais rápida de decisão, o que por vezes é crucial na economia de tempo e recursos humanos, materiais e financeiros.

Os avanços em Tecnologia da Informação (TI) vêm possibilitando a organização e disciplinando o uso de dados e informações nas mais diversas áreas do agronegócio, em termos de cadeias produtivas, uso de recursos naturais e biodiversidade. A aplicação dessa tecnologia proporciona uma maior eficiência na transformação dos dados em informações, as quais se tornam conhecimento necessário para realização de previsões, estudo de cenários tecnológicos e de novas diretrizes, permitindo assim avaliar os impactos das tecnologias geradas, antes mesmo delas serem implantadas.

Neste contexto, este estudo versa sobre a aplicação de ferramentas computacionais em uma Fecularia da região Oeste do estado do Paraná, descreve e acompanha a situação da cultura da mandioca no Brasil, bem como os processos de recepção do produto na entrada da fecularia, realizando a seguir uma avaliação de qualidade das raízes e da demanda dos produtos acabados da empresa.

2 OBJETIVOS

Pretende-se fornecer para a agroindústria agilidade na observação e aquisição de informações relevantes sobre o processo de recebimento, produção e venda de fécula de mandioca, por meio da avaliação de dados por *softwares* específicos das áreas de simulação, análise estatística e previsão de demanda.

O objetivo geral deste estudo foi o estudo da realidade agrícola da Mandioca no Brasil, com uma posterior aplicação de *softwares* computacionais para a avaliação estatística, modelagem matemática e simulação da capacidade instalada de recebimento e processamento, bem como a avaliação da qualidade da matéria prima e previsão de demanda dos produtos processados por uma fecularia.

Para tanto o trabalho será apresentado iniciando com uma fundamentação teórica dos assuntos, a qual será a seguir complementada por quatro subitens no formato de artigos completos, os quais contemplam os objetivos específicos deste trabalho e finaliza com uma conclusão geral de todo o estudo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Estudar e apresentar dados de produção de mandioca no Brasil e nos principais estados produtores, incluindo o Paraná (Artigo A);

b) Realizar cálculos de previsão de demanda com base nos modelos estatísticos que melhor satisfaçam os dados para as vendas de fécula de mandioca (Artigo B);

c) Coletar dados de tempos em época de maior gargalo de entrega e simular a dinâmica operacional da entrada de matéria prima na agroindústria produtora de fécula de mandioca (Artigo C);

d) Avaliar a sazonalidade na entrega de mandioca pelos agricultores fornecedores da empresa e realizar uma comparação da qualidade da matéria prima ao longo do ano (Artigo D);

e) Sugerir ações com base na capacidade industrial e na previsão de vendas da agroindústria para próxima safra. (Artigo C e D).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

A revisão de literatura apresentada nesse tópico elenca conceitos teóricos com base em autores sobre o processo de produção e industrialização da mandioca, que é a principal matéria prima da agroindústria a ser estudada, bem como sobre a importância da tecnologia e do uso de estudos de simulação e previsão de demanda por meio de softwares computacionais específicos com vista ao direcionamento do processo produtivo da empresa.

3.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL

A agroindústria de acordo com Fernandes (2012), engloba todos os sistemas de exploração agrícola, pecuária, industrial, comercial, financeira e tecnológica, incluindo tanto grandes quanto pequenas empresas e agricultores. O grau de transformação varia amplamente em função dos objetivos agroindustriais para cada matéria-prima específica.

Nas agroindústrias os processos são constituídos por operações unitárias, que individualmente produzem efeitos específicos, identificáveis e previsíveis, onde a qualidade do produto final depende da correta combinação desses procedimentos nas matérias primas industrializadas (FELLOWS, 2006).

Fatores como o investimento em tecnologia e pesquisa segundo Jank, Nassar e Tachinardi (2004-2005), são os principais responsáveis pelo aumento de produtividade e pela posição de destaque do agronegócio brasileiro. Nosso País possui um enorme potencial de expansão e está entre as nações mais competitivas do mundo na produção de *commodities* agroindustriais.

Barrientos Felipa (2015), explica que Commodities são produtos primários, matérias-primas básicas extraídas diretamente da natureza e nessa forma possuem pouco valor agregado. Elas apresentam negociabilidade global e podem ser produzidos, processados e comercializados por uma ampla gama de empresas as quais geralmente com seus processos de produção agregam valor ao produto primário. A palavra tem origem no termo *commodity* em inglês que significa

basicamente mercadoria.

A busca pela eficiência e eficácia nos processos produtivos vem motivando estudos científicos direcionados a suprir as necessidades das agroindústrias. Tais empresas carecem de estudos, que mostrem as formas mais adequadas de gerenciamento para que permaneçam competitivas no mercado globalizado (FILHO; PRADO; SILVA, 2011).

Este trabalho encontra-se voltado ao estudo da agroindústria de processamento de mandioca, a qual de acordo com Freitas e Leonel (2008), vem ganhando destaque na economia por produzir principalmente a fécula, capaz de ser posteriormente processada em outros produtos subsequentes.

3.2 A CULTURA DA MANDIOCA

A mandioca, de acordo com Pandey et al. (2000), é uma planta de origem Brasileira, mais especificamente da região Amazônica e foi introduzida no século XVI na África no século XVIII na Ásia. É uma planta arbustiva (Figura 1), composta de partes aéreas (tronco e folhas) e subterrâneas formada por 5 a 20 raízes tuberosas, que podem variar entre 20 e 80 cm de comprimento e apresentar um diâmetro entre 5 e 10 cm, sendo esta a principal parte comestível da planta.

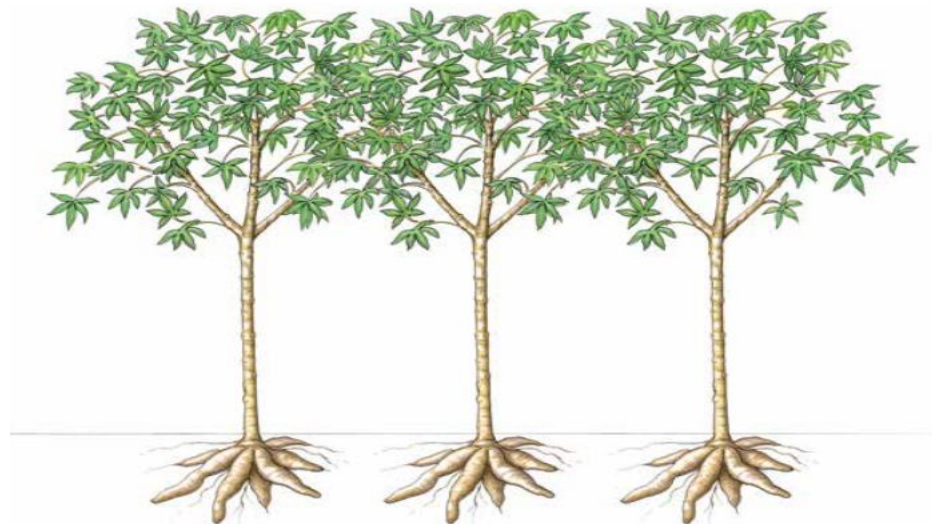


Figura 1 - Ilustração das partes da Planta de Mandioca, aérea e subterrânea
Fonte: FAO, (2013).

A importância da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na agricultura mundial vem aumentando, sendo geralmente cultivada por pequenos agricultores em mais de 100 países tropicais e subtropicais. No ano de 2012 a colheita atingiu níveis recordes, graças ao comércio global de produtos da mandioca e forte crescimento da produção na África (HOWELER; LUTALADIO; THOMAS, 2013).

Apesar do Brasil se destacar nas Américas como o maior produtor de mandioca, outros continentes também têm se destacado, podendo-se citar a África e a Ásia, mas, cabe destacar que a Ásia e as Américas apresentam um rendimento melhor do que o do continente Africano. (FUKUDA; OTSUBO, 2003).

Antes do descobrimento do Brasil, aqui já existia o cultivo de mandioca realizado pelos índios nativos, que tiravam seu sustento e processavam primitivamente essa raiz. Atualmente ela é cultivada em todos os estados do País com grande importância na alimentação humana e animal, sendo processada industrialmente com vistas à obtenção de farinhas e féculas nativas, fermentadas e modificadas para aplicação em uma gama ampla de produtos, nas indústrias de papel e celulose, de tintas, de tecidos, alimentícia entre outras (MARCON; AVANCINI; AMANTE, 2007; SHREVE; BRINK JUNIOR, 1997).

Com base em dados do ano de 2013, disponibilizados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2015), a Nigéria liderava a produção de mandioca mundial (53 milhões de toneladas), seguida pela Tailândia (30 milhões de toneladas) e Indonésia (24 milhões de toneladas), já o Brasil ocupou naquele ano o quarto lugar, tendo apresentado uma produção de 21.484.218 toneladas. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), o Brasil em 2013, apresentou produtividade média de 14,08 toneladas por hectare de raízes de mandioca.

Uma mudança de imagem ocorreu com a mandioca no início dos anos 2000. Até essa época ela era considerada uma cultura de baixo valor agregado se transformando a partir daí, impulsionada pela produção de fécula principalmente nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo (VILPOUX, 2011).

A capacidade instalada da indústria de fécula de mandioca no Brasil, de acordo com Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA (2013) era de até 19.107 toneladas de raízes ao dia, se todas as indústrias trabalhassem pelo menos 200 dias por ano a plena capacidade, poderiam ser processadas 3,82 milhões de toneladas de mandioca no Brasil por ano, sendo que a produção de

fécua de mandioca está concentrada principalmente no estado do Paraná, onde foram produzidas 374,3 mil toneladas, representando 72% do total nacional produzido no ano de 2013.

Já o controle da quantidade de farinha produzida em nosso país é muito difícil pois sua produção ainda é muito artesanal e até mesmo doméstica complicando o levantamento de dados numéricos concretos para quantificação (CONAB, 2014)

3.3 A FÉCULA E SUA PRODUÇÃO

No Brasil, a substância amilácea presente nas raízes é legal e comercialmente conhecida como fécula (ANVISA, 1978), como qualquer outro amido ela também é composta por grãos de amido ovalados, formados por macromoléculas de amilose e amilopectina justapostas, sendo que quimicamente féculas e amidos são produtos muito próximos (EDHIREJ et al., 2015). Desta forma, ao longo deste trabalho as palavras amido, fécula e polvilho de mandioca serão utilizadas para descrição do mesmo produto amiláceo resultante da agroindustrialização da mandioca pelas fecularias.

Qualquer que seja o grau de tecnologia empregada, o processo de produção de fécula de mandioca compreende as operações de recebimento, lavagem, descascamento das raízes, desintegração das células e liberação dos grânulos de amido, separação das fibras e do material solúvel e finalmente, a secagem (Figura 2). Durante o processamento é gerado um resíduo fibroso denominado de bagaço, massa ou farelo, que contém pequena parte da fécula que não foi extraída no processamento e muitas fibras (LEONEL; JACKEY; CEREDA, 1998; MARCON; AVANCINI; AMANTE, 2007).

A mandioca é considerada a segunda maior fonte de substância amilácea sendo superada apenas pelo milho. Suas raízes, não tem um período de colheita específico, podendo ser colhidas entre seis meses a dois anos após o plantio, mas períodos mais logos são recomendáveis para o processamento industrial tendo em vista que quanto mais velhas as raízes maiores os teores de fécula o que reflete diretamente no rendimento industrial (FAO, 2013). O rendimento industrial médio é de 25,5% e encontra-se apresentado na Figura 3.

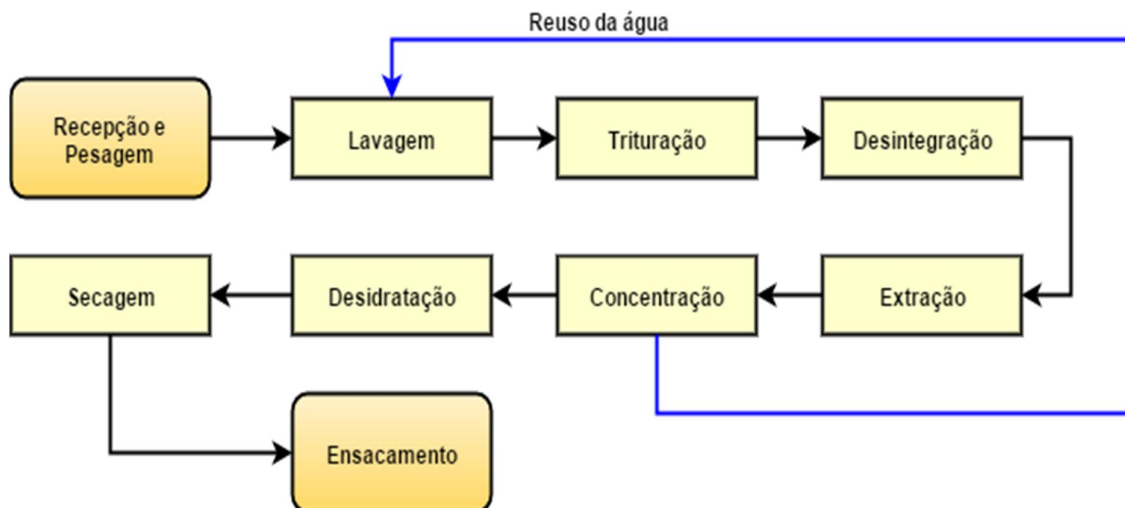


Figura 2 - Fluxograma do processo da extração da fécula de mandioca
Fonte: O autor, (2015).

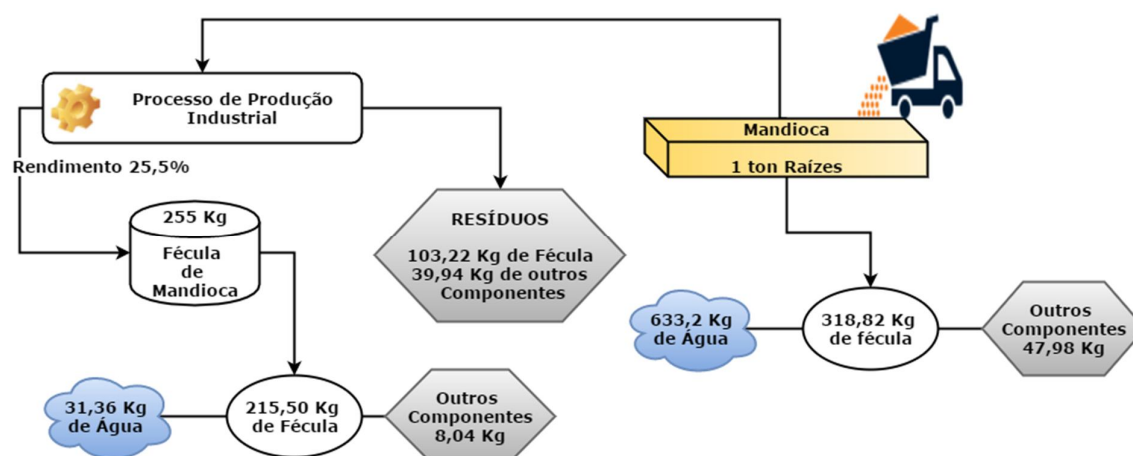


Figura 3 - Balanço de Massa do processamento industrial de raízes de mandioca para produção de fécula
Fonte: Adaptado de Leonel, Jackey e Cereda, (1998).

Após a colheita as raízes se deterioram rapidamente por conta de fatores fisiológicos e patológicos, inicialmente ocorre a deterioração enzimática com formação de veias azuis e descoloração da polpa, a seguir pode ocorrer a acidificação das raízes, o que pode alterar o sabor do produto final. A deterioração microbiológica também pode acontecer sendo que os principais agentes deteriorantes em condições aeróbias são os fungos, porém quando o ambiente se torna anaeróbio podem aparecer bactérias do gênero *Bacillus* que ocasionam podridões moles e elevação da acidez (CEREDA; VILPOUX, 2003).

Devido a esses fatores a logística do transporte e recepção da matéria prima na fecularia não pode tomar muito tempo, pois em torno de 24 horas depois da

colheita o processo de deterioração descrito por Cereda e Vilpoux (2003), já se inicia.

Sarmiento (1989), avaliando a qualidade da fécula proveniente de raízes de mandioca processadas 6 dias depois da colheita, constatou alterações nas propriedades tecnológicas da pasta produzida, nos valores de viscosidade e temperatura de gelatinização, alteração de cor, aumento da opacidade e viscoelasticidade do produto, sendo que essas alterações foram suficientes para dificultar a padronização dos lotes do produto. Portanto, para evitar tais problemas, depois de realizada a colheita das raízes de mandioca, deve-se iniciar o processamento o mais rápido possível.

Na Figura 4 pode-se observar a logística de recebimento de raízes de mandioca em uma fecularia.



Figura 4 - Fluxograma do processo de recebimento de mandioca em uma Fecularia
Fonte: Autoria Própria, (2015).

A colheita da mandioca é muito influenciada pelas condições climáticas, pois em épocas de seca ou excesso de chuva, de acordo com Cereda e Vilpoux (2003), esta fica comprometida. Dessa forma, se um período climático desfavorável for longo, poderá ocasionar inicialmente a falta de matéria prima e posteriormente uma concentração de chegada para processamento, o que acaba ampliando o problema do recebimento, gerando aumento das filas de espera na recepção da agroindústria e maior risco de comprometimento da qualidade do produto final.

3.4 TEORIA DAS FILAS E SIMULAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS

A teoria das filas foi concebida por Agner Krarup Erlang, em 1908 em Copenhague, Dinamarca, ao estudar redimensionamentos para solucionar os problemas das centrais telefônicas. Somente após a Segunda Guerra que o conceito foi aplicado a outros tipos de filas. É um conceito que apresenta uma elevada complexidade matemática e naquela época apresentava algumas dificuldades operacionais (PRADO, 2010).

Sabe-se de longa data que superdimensionar um sistema para que não ocorram filas, muitas vezes se torna economicamente inviável, por meio das fórmulas matemáticas encontra-se um ponto de equilíbrio, que é capaz de satisfazer clientes e prestadores de serviço (ANDRADE, 2004; PORTUGAL, 2005; ZAVANELLA et al., 2015).

Após a década de 50 a modelagem de filas foi sendo substituída pela simulação computacional, que passou a utilizar linguagens como GPSS, GASP, SIMSCRIPT, SIMAN, ARENA, PROMODEL, AUTOMOD, TAYLOR entre outras, que ao invés de se basearem em cálculos matemáticos, imitam o funcionamento do sistema real, dessa forma seu uso foi simplificado e cresceu enormemente (PRADO, 2010).

De acordo com Chwif e Medina (2015), um modelo de simulação possui entidades que chegam ao sistema, aguardam em filas, e caso seja necessário, realizam atividades que podem depender de recursos e depois saem do sistema.

Segundo Prado (2006), um processo que possa ser descrito pode ser simulado, viabilizando a avaliação da possibilidade de redução nos tempos de espera em fila dentro dos processos produtivos.

Os programas de computador que realizam a simulação precisam fazer com que o modelo computacional evolua dinamicamente, para tanto eles devem ser orientados a eventos, na medida em que o tempo de simulação evolui os eventos ocasionam alterações nas variáveis do programa que informa então a ocorrência de mudanças nas condições ou estados que envolvem o modelo (FREITAS FILHO, 2008; HECKER; HUSSEIN; BECKER, 2010).

Atualmente existem vários softwares que realizam a simulação entre estes existem tanto os que precisam de pagamento de licenças para uso como por

exemplo os softwares Simul8 e Arena® e os que são de código aberto, como por exemplo o Ururau e o JaamSim. O Ururau de acordo com Silva et al. (2012), é um ambiente de desenvolvimento de modelos de simulação a eventos discretos distribuído sob licença de software livre, o que permite o uso acadêmico, a exploração de algoritmos internos e a criação de novas funcionalidades (Figura 5).

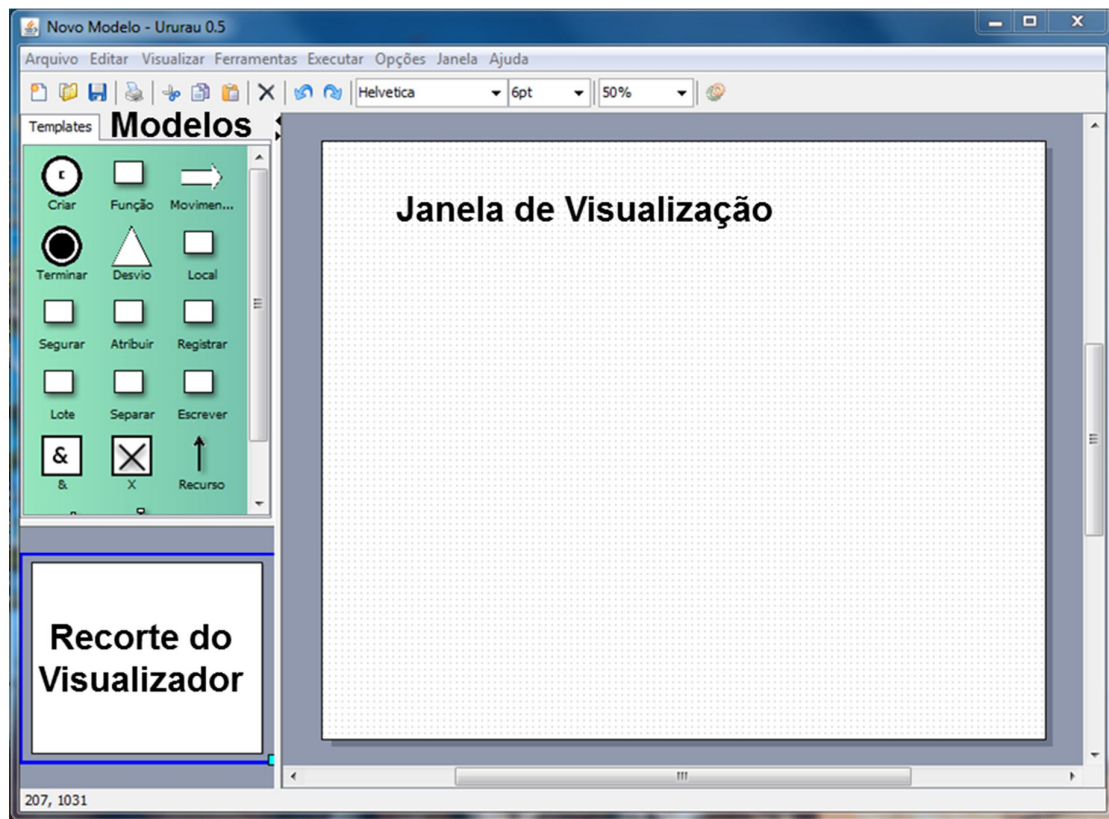


Figura 5 - Interface inicial do software Ururau versão 0.5, com a descrição de uso de cada uma das janelas do programa

Fonte: Adaptado de Peixoto, Rangel e Matias, (2014).

O software Ururau utiliza como base a biblioteca de simulação JSL – *Java Simulation Library*, a qual permite a construção de modelos orientados a processo (*Process View*), permitindo quando o modelo é mais complexo a adição de novos comandos, utilizando a linguagem Java, que é multiplataforma e tem licença GPL (*General Public License*) para desenvolvimento em código livre (PEIXOTO et al, 2013).

O programa JaamSim também é um software livre, que permite uma ampla variedade de cenários, escrito em linguagem Java, possui código aberto e foi desenvolvido pela Ausenco, a partir do software Transportation Logistics Simulator

(TLS), para realização de simulação com base na teoria das filas, ele é o primeiro pacote de simulação de código aberto que fornece uma interface gráfica moderna (Figura 6) para o usuário comparável aos software de simulação comercializados por meio de licenças pagas (KING, HARRISON; CHUDLEIGH, 2014).

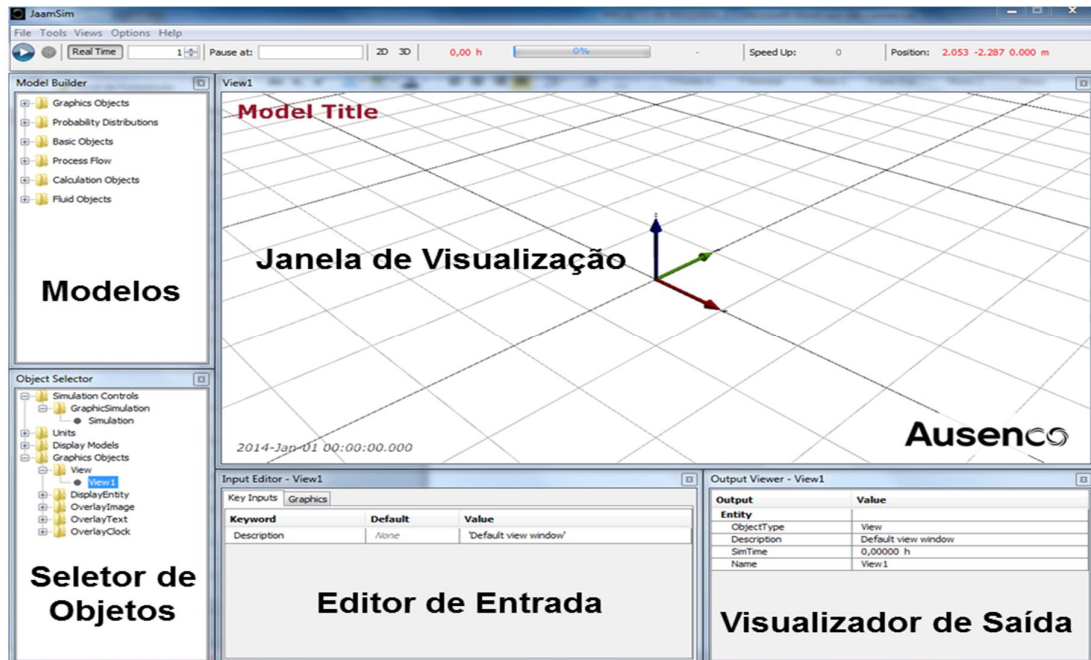


Figura 6 - Interface inicial do software JaamSim versão 29, da empresa Ausenco, com a descrição de uso de cada uma das janelas do programa
Fonte: Adaptado de King e Harrison, (2013).

Simular um processo permite criar e testar experimentos em modelos dos sistemas de uma empresa, testando dentro de um simulador, novas ideias e projetos, fornecendo uma maneira de avaliar o que aconteceria ao alterar o sistema real. (PRADO, 2010).

O JaamSim permite aos usuários a criação de seus próprios objetos por meio da aplicação da linguagem Java e de ferramentas de programação modernas, como Eclipse, que é um Ambiente de Desenvolvimento Integrado Java compatível com o software (KING; HARRISON, 2013).

O Simul8 de acordo com Chwif et al. (2015), oferece uma versão trial por apenas 14 dias, sendo que para seu uso mais prolongado há necessidade de compra de uma licença. O seu desenvolvimento teve início na década de 1990, na Universidade de Strathclyde (Escócia), com a finalidade de ensino de simulação, devido ao sucesso, a Simul8 Corporation iniciou sua comercialização como

ferramenta profissional. A partir da tela inicial do Simul8, pode-se abrir um modelo de simulação existente ou criar um novo modelo conforme ilustra a Figura 7.

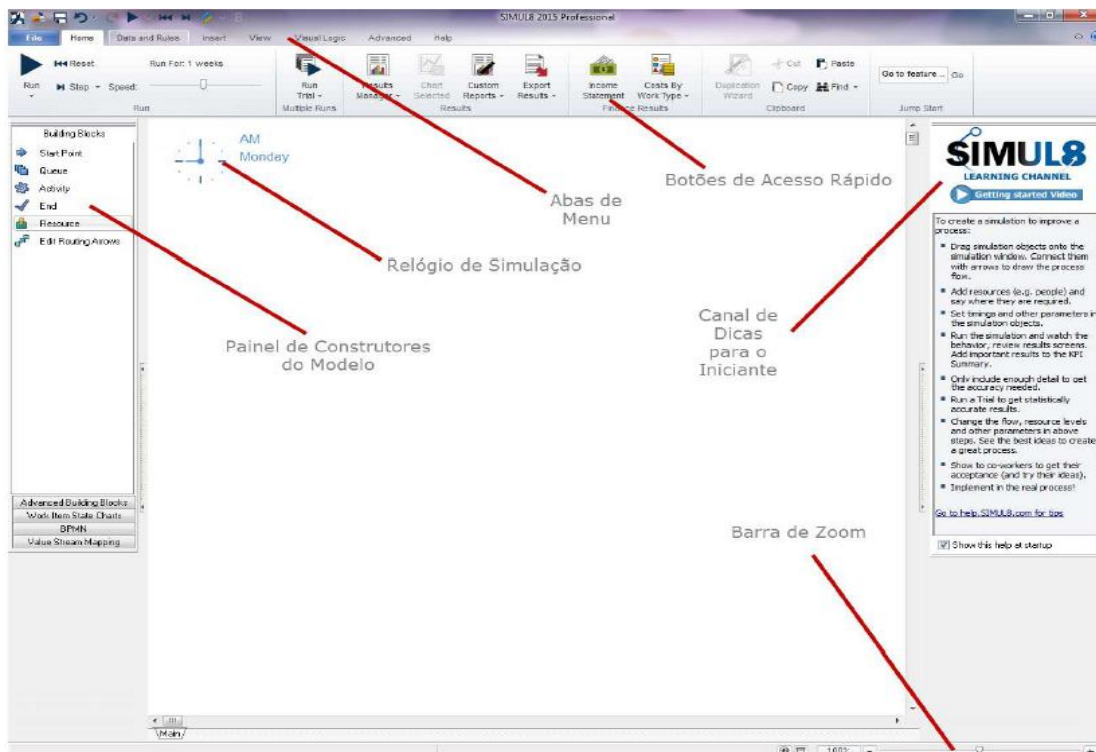


Figura 7 - Interface Gráfica do Simul8 na tela de criação de um novo modelo
Fonte: Chwif et al. (2015).

Mas, cabe aqui destacar que o software Arena[®] apesar de ser um software pago é o mais antigo software de simulação de eventos discretos do mundo, apresenta muitas funcionalidades e é mais estável que os softwares gratuitos citados. Além disso, esse software oferece uma vantagem, pois disponibiliza por tempo ilimitado uma versão gratuita para simulação estudantil (Figura 8), adequada para pequenos cenários produtivos, que é o caso desse estudo (PARAGON, 2016).

O Arena[®] possui módulos programáveis para descrever uma aplicação real onde comandos das linguagens de programação tais como Fortran, Cobol, VBA, Delphi e outras podem ser aceitos na construção dos modelos. Ele ainda apresenta uma interface gráfica para automatizar o processo simplificando e reduzindo a necessidade de uso do teclado, sendo o mouse a ferramenta mais utilizada (HECKER; HUSSEIN; BECKER, 2010; PRADO, 2010).

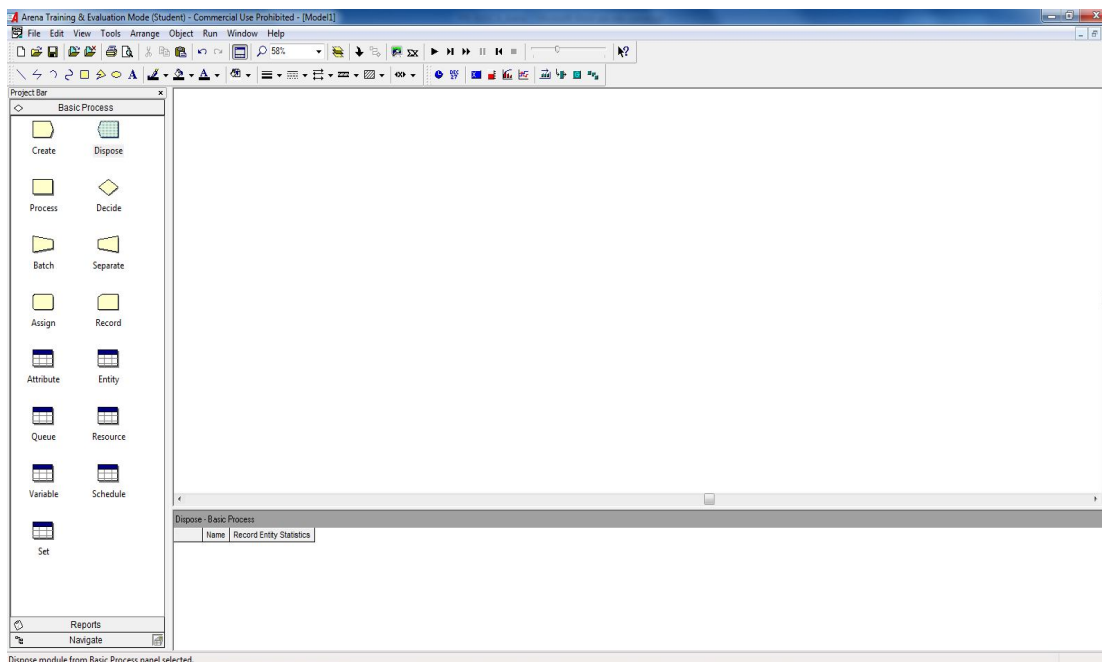


Figura 8 - Interface Gráfica do Arena® Training and Evolution Mode (Student)
Fonte: Adaptado de Paragon (2016).

A ferramenta *Input Analyzer* do Arena® realiza o teste de aderência dos dados aos diversos modelos de distribuição contínuos e discretos existentes, tais como Poisson, Normal, Uniforme, Triangular, Exponencial, Gama e Erlang, entre outras, por meio de dois testes não paramétricos denominados Qui-quadrado (χ^2) e Kolmogorov-Smirnov (K-S), aplicados respectivamente a amostras maiores e menores, cabendo destacar que o teste K-S é válido apenas para modelos de distribuição contínuos (FREITAS FILHO, 2008).

A ferramenta *Output Analyser* do Arena® possui diversos recursos para análise dos dados coletados durante a simulação, realizando as mesmas comparações estatísticas descritas para a ferramenta *Input Analyser* (PRADO, 2010).

Freitas Filho (2008), explica que os conceitos básicos e a técnica de simulação auxiliam os gerentes na tomada de decisão, facilitando a aplicação prática, pois disponibilizam animações e possibilitam a avaliação do processo com algumas alterações sutis em nível de detalhes que antes do advento da simulação não eram nem considerados, economizando tempo e recursos financeiros, proporcionando ganho de qualidade e produtividade, auxiliando na gestão de filas.

A fila nem sempre poderá ser eliminada do ponto em estudo, ela pode se

adequar ao resto do processo, faz-se necessário para tanto, após a simulação, avaliar muitos fatores, entre eles, custos de implantação de mudanças, a demanda por produtos dentro e no final do sistema e novos pontos de fila. Prado (2006) e Zavanella et al., 2015, explicam que a simulação auxilia na tomada de decisão de forma a balancear o atendimento do cliente ou produto, de maneira aceitável vislumbrando o melhor conjunto custo x benefício.

3.5 O EMPREGO DE SIMULAÇÃO EM AGROINDÚSTRIAS

De maneira geral, a simulação computacional apresenta diversas vantagens para a análise dos processos produtivos, pois é capaz de incorporar variabilidade no modelo e fornecem um ambiente seguro para se cometer erros e aprender com os mesmos, sem afetar o sistema real; possibilita a experimentação e a verificação de diferentes cenários para o processo em análise; o que permite maior aprendizagem por parte dos gestores antes da ação *in loco* (MAHBOUBIANA, 2010, LAGUNA; MARKLUND, 2004).

O emprego de técnicas de simulação em empresas do ramo agroindustrial no estado do Paraná, pode ser encontrada em alguns trabalhos como os de Fernandes et al. (2006), que aplicam a técnica em um abatedouro de suínos, de Ebert, Silva, Vilas Boas (2009), em abatedouro de aves (Figura 9) e de Vogel et al. (2013), que realizaram a simulação em uma agroindústria produtora de lácteos.

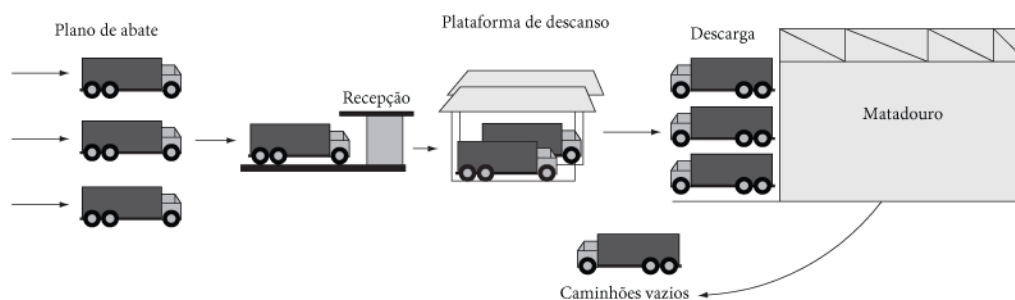


Figura 9 - Modelo conceitual de um matadouro-frigorífico de frangos
Fonte: Ebert, Silva, Vilas Boas (2009).

Muitos dos softwares disponíveis para realizar essas operações possuem licenças de uso pagas, que geralmente não são baratas, mas nesse estudo será utilizado o software Arena[®], que apesar de ser um software pago, possui uma versão estudante, que é uma boa ferramenta de simulação e é livre para realização de simulação de cenários menores e determinação das causas de gargalos no recebimento da principal matéria prima da feclularia. De acordo com Frigeri, Bianchi e Backers (2007), “a técnica da simulação pode proporcionar bons resultados em relação à economia de valores e à antecipação da correção de rumos ao permitir a análise de resultados futuros”.

3.6 PREVISÃO DE DEMANDA COM BASE EM SÉRIES TEMPORAIS

A previsão de demanda de acordo com Lustosa et al (2008), assume um papel central no processo de planejamento das empresas, pois com base nessas informações são tomadas as principais decisões operacionais, financeiras e comerciais, promovendo um melhor planejamento dos recursos humanos e materiais para o atendimento do cliente. Uma previsão errônea pode ocasionar ociosidade dos recursos ou longas filas de espera, resultando em ineficiência na prestação do serviço.

A coleta de informações de empresas é realizada para análise e planejamento com vistas à tomada de decisão, que implica em uma avaliação do futuro (CHAVEZ QUISBERT, 1997). Atualmente muitas empresas realizam um importante trabalho de coleta e construção de bancos de dados, que podem embasar a tomada de decisão, mas cabe aqui destacar que a simples coleta, sem uma avaliação detalhada, que é igualmente importante, não produz efeito.

Muitas empresas Brasileiras coletam e arquivam seus dados, mas nem todas utilizam esses dados para elaboração de previsão, muitas nem mesmo possuem conhecimento dessa possibilidade, o custo dos softwares comerciais e a dificuldade de programação direta nas planilhas é um empecilho ao uso dessa tecnologia (SANDERS; MANRODT, 2003).

De acordo com Lustosa et al., (2008), existem diversos métodos para previsão da demanda, entre eles pode-se citar os que dependem de opiniões de

especialistas, ditos qualitativos, e os que se valem de técnicas estatísticas de previsão, ditos quantitativos (Figura 10), sendo que estes últimos dependentes de existência de bancos de dados e empregar em geral *softwares* para sua análise podendo-se dizer que são amplamente relacionados à tecnologia de informação.

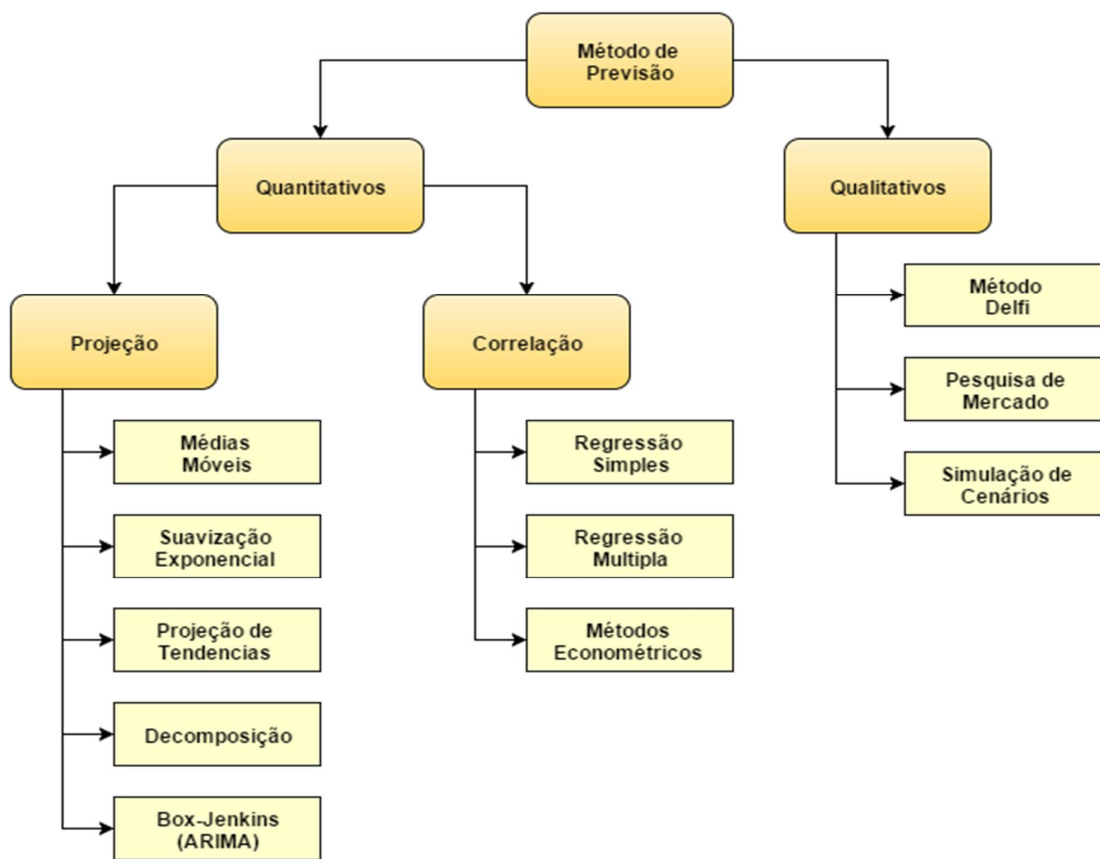


Figura 1 - Métodos de Previsão de Demanda mais conhecidos
 Fonte: Adaptado de Lustosa et al. (2008).

Gujarati e Porter (2011), citam vários métodos quantitativos para realização de previsões de demanda entre eles modelos de regressão, suavização exponencial, processo auto regressivo integrado de média móvel (ARIMA) e modelos de vetores auto regressivos (VAR).

Gonçalves (2007), explica que a ferramenta de previsão é muito importante para o administrador da produção, pois é capaz de fornecer uma visão sistêmica do funcionamento futuro com base no presente e no passado.

O mapeamento das séries temporais é realizado por meio dos modelos que assimilam as variações e extrapolam para previsão do comportamento futuro da

série (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). De acordo com Morettin e Tolo (2006), a previsão é um meio de fornecer informações para tomada de decisão por parte das empresas em busca de algum objetivo.

Existem diversos setores que geram séries temporais, mas cabe destacar que para suas análises deve-se empregar ferramentas específicas e manter a ordem dos dados, pois as observações não são independentes (EHLERS, 2009).

Um dos métodos de previsão mais simples é o da média móvel, porém não apresenta bons resultados quando a série apresenta tendência ou sazonalidade, sendo que nesses casos específicos a suavização exponencial pode apresentar melhores resultados e menores somatórias de erros (LUSTOSA et al, 2008).

A técnica de suavização exponencial também é muito utilizada, sendo que se originou nos estudos de Robert Goodbell Brown na década de 40, foi a seguir aprofundada por Charles Carter Holt, em 1957 e transformada novamente por Peter Winter no início da década de 60 que desenvolveu o método conhecido atualmente como Holt-Winters (FELICIANO, 2009).

O método Holt-Winters de acordo com Goodwin (2010), é um dos mais populares devido a sua simplicidade e fácil automatização, sendo ainda capaz de se adaptar a mudanças de tendências e padrões sazonais nas séries temporais.

A diferença entre o alisamento exponencial e o método das médias móveis é pequeno, mas o primeiro leva mais em conta as últimas observações pois impõem maiores pesos às observações mais recentes, sendo que o peso atribuídos a dados passados vai caindo exponencialmente de onde vem o seu nome de suavização exponencial (PELLEGRINI, 2002).

George Box e Gwilym Jenkins nos anos 70 desenvolveram o modelo denominado ARIMA, também denominado de modelo Box-Jenkins, ele se propunha a descrever as mudanças das séries temporais por meio de uma abordagem matemática (SATO, 2013) e possuía três partes, a parte auto regressiva (AR), a parte de integração (I) e a parte média móvel (MA), embora nem todas as partes sejam sempre necessárias (BOX; JENKINS, 1970). Essa metodologia, utiliza-se da análise probabilística ou estocástica, onde os valores futuros são estimados com base nos valores passados, ou defasados dos termos de erros estocásticos (GUJARATI; PORTER, 2011).

Para a construção de um modelo ARIMA (p,d,q) que represente uma série temporal Y_t : são necessários os filtros de médias móveis (parâmetro q), auto

regressivo estacionário (parâmetro p) e o de integração não-estacionário (parâmetro d). A Figura 11 representa esse conjunto de filtros aos quais se associam os parâmetros do modelo, o ruído branco pode ser interpretado como sendo os erros aleatórios que interferem no sistema (NETTO, 2015).

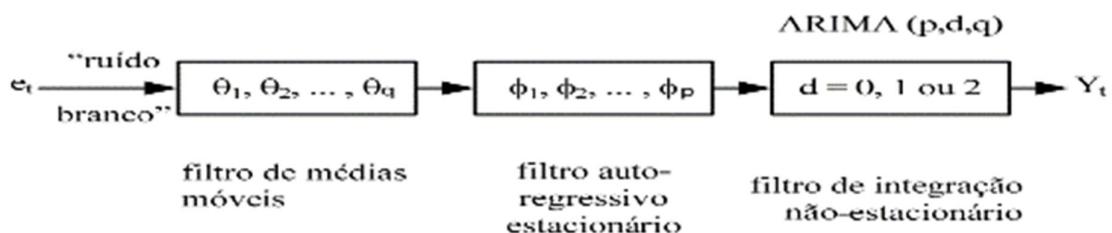


Figura 2. Filtros utilizados para a elaboração de um modelo por meio da metodologia Box-Jenkins
Fonte: Netto, (2015).

Gujarati e Porter (2011), comentam ainda sobre os modelos de regressão, igualmente muito utilizados para previsão, esses métodos se originaram da lei da regressão universal criada por Francis Galton e confirmada por Karl Pearson, ao estudarem a altura dos indivíduos, hoje em dia a análise de regressão é aplicada para realização do estudo da dependência entre variáveis, objetivando prever ou estimar os valores médias de uma com base em outra ou outras dependendo se está utilizando técnicas de regressão simples ou múltipla.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. L. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise da Decisão**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - CNNPA nº 12**. Ministério da Saúde. Diário Oficial da República Federativa da União de 24/07/1978.
- BARRIENTOS FELIPA, P. La Cadena De Valor Del Cacao En Perú Y Su Oportunidad En El Mercado Mundial. **Semestre Económico**, Medellín , v. 18, n. 37, p. 129-155, June 2015 .
- CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Produção de Fécula fica Estagnada e Margem Diminui em 2012**. Universidade de São Paulo. Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Escola Superior De Agricultura "Luiz De Queiroz". 2013. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_CensoFecula2013.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2015.
- CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Capítulo 1 - Conservação de raízes. p.13-29. In: CEREDA, M. P. (Org.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. 711p. (CULTURAS DE TUBEROSAS AMILÁCEAS LATINO AMERICANAS).
- CHAVEZ QUISBERT, Nicolás. Modelos Arima. **Revista Ciencia y Cultura**, La Paz, n.1, p.23-30, 1997.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C.; PEREIRA, W. I.; VIEIRA, D. R.; PÉCOR JR., J. E. **Introdução Ao Simul8: Um Guia Prático**. São Paulo: Ed. dos Autores, 2015.
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**. Teoria & Aplicações. 4.ed. São Paulo: Brazilian Books. 2015.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para Agropecuária**. Volume 2 – Safra 2014-2015. Brasília. 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_18_03_00_perspectivas_2014-15.pdf>. Acesso em: 01 set. 2015.

EBERT, Douglas Cezar; SILVA, Luís César da; VILAS BOAS, Marcio Antonio. Simulação da dinâmica operacional de um processo industrial de abate de aves. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, p.305-309, 2009.

EDHIREJ, A.; SAPUAN, S. M; JAWAID, M.; ZAHARI, N. I. Cassava: Its Polymer, Fiber, Composite, and Application. **Polymer Composites**, 2015. Society of Plastics Engineers. Published online in Wiley Online Library, Weinheim.

EHLERS, R.S. **Análise de Séries Temporais**. 5.ed. Departamento de Estatística, UFPR. 2009. Disponível em: <http://www.icmc.usp.br/~ehlers/stemp/stemp.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2015.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cultivos**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/E>. Acesso em: 22 ago. 2015.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Save and Grow: Cassava. A Guide to sustainable production intensification**. 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3278e/i3278e.pdf> >. Acesso em: 22 ago. 2015.

FELICIANO, Ricardo Alexandre. **Uma proposta de gerenciamento integrado da demanda e distribuição, utilizando sistemas de apoio a decisão (SAD) com business inteligente (BI)**. 179p. Dissertação. Mestrado em Engenharia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FERNANDES, B. M. Disputas Territoriales Entre El Campesinado Y La Agroindustria En Brasil. **Cuadernos del Cendes**, Caracas , v. 29, n. 81, p. 1-22, dic. 2012.

FERNANDES, C. A. et al . Simulação da dinâmica operacional de uma linha industrial de abate de suínos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.166-170, 2006.

FILHO, T. A. B.; PRADO, R. A. D. P; SILVA, M. A. Logística de Transporte na Coleta do Leite Líquido a Granel: Estudo de Caso em uma Indústria Multinacional. **Anais...** XIV Simpósio de Administração da Produção – SIMPOI, FGV EAESP, 24, 25 e 26 de Agosto de 2011. Disponível em: http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011_T00248_PCN92061.pdf. Acesso em: 21 fev. 2015.

FUKUDA, Chigeru; OTSUBO, Auro Akira. **Cultivo da Mandioca na Região Centro Sul do Brasil**. Sistemas de Produção, 7. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Versão Eletrônica. (2003). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_centrosul/importancia.htm>. Acesso em: 10 ago. 2015.

FREITAS FILHO, P. J. de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2.ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 384 p.

FRIGERI, J. A.; BIANCHI, M.; BACKES, R. G. Um Estudo Sobre o Uso das Técnicas de Simulação no Processo de Elaboração e Execução dos Planejamentos Estratégico e Operacional. **ConTexto**, Porto Alegre, v. 7, n. 12, 2º semestre 2007.

GOODWIN, Paul. The Holt-Winters Approach to Exponential Smoothing: 50 Years Old and Going Strong. **Foresight Fall**, 2010. Disponível em: <http://forecasters.org/pdfs/foresight/free/Issue19_goodwin.pdf>. Acesso em 02 ago. 2015.

GONÇALVES, Fabio. **Excel Avançado 2003/2007 Forecast: Análise e Previsão de Demanda**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria Básica**. 5.ed. Porto Alegre: AMGH. 2011, 924p.

HECKER, F. ; HUSSEIN, W. ; BECKER, T. Analysis and optimization of a bakery production line using ARENA. **International Journal of Simulation Modelling**, v.9, n.4, p.208-209, 2010.

HOWELER, Reinhardt; LUTALADIO, Nebambi; THOMAS, Graeme. **Save and Grow: Cassava. A guide to sustainable production intensification**. Roma: FAO- Food And Agriculture Organization of The United Nations, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3278e/i3278e.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de dados Agregados**. 2015. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 23 ago. 2015.

JANK, M. S.; NASSAR, A. M.; TACHINARDI, M. H. **Revista USP**, São Paulo, n.64, p. 14-27, dezembro/fevereiro 2004-2005.

KING, D. H.; HARRISON, Harvey S. Open-Source Simulation Software “JaamSim”. In: PROCEEDINGS OF THE 2013 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 46, 2013, Washington. **Anais...** Washington: Operational Research Society, 2013.

KING, D. H.; HARRISON, Harvey S.; CHUDLEIGH, Matt. “Jaamsim” Described in Three Simple Examples. In: PROCEEDINGS OF THE OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY SIMULATION WORKSHOP, 7, 2014, Worcestershire. **Anais...** Worcestershire: Operational Research Society, 2014.

LAGUNA, M.; MARKLUND, J. Business Process Modeling, Simulation, and Design. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M.P. Processamento Industrial De Fécula De Mandioca E Batata Doce - Um Estudo De Caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas , v. 18,n. 3,p. 343-345, Aug. 1998.

LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e Controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 357 p.

MAHBOUBIANA, M. Educational Aspects of Business Simulation Softwares. **Procedia Social and Behavioral Sciences**, v. 2, p. 5403-5407, 2010.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis: UFSC, 2007. 101 p.

MENDES, C. I. C.; TEIXEIRA, S. R. Controle da produção leiteira e a demanda por sistemas computacionais simples. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 7., 2009, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2009.

MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Clelia M.C. **Análise de Series Temporais**. São Paulo: Edgard Blucher. 2006, 538 p.

NETTO, Maria A. C. **A Previsão com a Metodologia de Box-Jenkins**. Rio de Janeiro: UFRJ. Instituto de Economia. 2015. Disponível em: <<http://www.ie.ufrj.br/download/APrevisaoComMetodologiadeBox-Jenkins.pdf>>. Acesso em: 27 de ago. 2105.

PANDEY, A.; SOCCOL, C. R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V. T.; VANDENBERGUE, L. P. S.; MOHAN, R. Biotechnological potencial of agro-industrial residue II: Cassava bagasse. **Bioresource Technology**, v.74, p.81-87, 2000.

PARAGON. **Arena**. Disponível em: <http://www.paragon.com.br/software/arena/>. Acesso em: 19 fev. 2016.

PEIXOTO, Túlio Almeida et al. Ururau - Um Ambiente para Desenvolvimento de Modelos de Simulação a Eventos Discretos. **Revista Eletrônica Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p.373-405, 2013.

PEIXOTO, T. A.; RANGEL, J. J. A.; MATIAS, I. O. Free and Open-Source Simulation Software Ururau . In: PROCEEDINGS OF THE 2014 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 47, 2014, Savannah, **Anais....** Washington: Operational Research Society, 2014.

PELLEGRINI, Fernando Rezende. **Metodologia para Implantação de Sistemas de Previsão de Demanda**. Dissertação. 2002. Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

PRADO, D. S, do. **Usando o Arena® em Simulação**. Volume. 3, Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, 2010.

PRADO, D. S. **Teoria das Filas e da Simulação**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços, 2006.

SANDERS, Nada R.; MANRODT, Karl B. Forecasting software in practice: Use, satisfaction, and performance. **Interfaces**, v. 33, n. 5, p. 90-93, 2003.

SARMENTO, S.B.S. **Alterações na fração amido durante o armazenamento de raízes de uma cultivar de mandioca (*Manihot esculenta C.*) de uso industrial**. 1989. 103f. Dissertação Mestrado em Tecnologia Agro-industrial) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

SATO, Renato Cesar. Gerenciamento de doenças utilizando séries temporais com o modelo ARIMA. **Einstein**, São Paulo, v.11, n.1, p.128-131, 2013.

SHREVE, N.; BRINK JUNIOR, J. A. **Indústrias de Processos Químicos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 1997. 717 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas. 2009, 703p.

SILVA, D. V. C. da et al. Modelos de simulação a eventos discretos com aspectos de decisão humana: uma aplicação com Urural. **Revista Eletrônica Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.4, n.3, p.339-355, 2012.

SOUZA, G. P., MIRANDA, R., SAMOHYL, R. W. **Métodos Simplificados em Previsão Empresarial**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**: Teoria e Prática. São Paulo: Atlas, 2007.

VILPOUX, Olivier. Desempenho dos arranjos institucionais e minimização dos custos de transação: transações entre produtores e feccularias de mandioca. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v.49, n.2, p.271-294, 2011.

VOGEL, C. C.; SCHMIDT, C. A. P.; SANTOS, J.A.A.; SILVA, A.L. Aplicação de técnicas de simulação e de ergonomia ao processo de paletização de caixas de leite UHT: um estudo de caso. **Scientia Plena**, v. 9, p. 1-10, 2013.

ZAVANELLA, L.; ZANONI, S.; FERRETTI, I.; MAZZOLDI, L. Energy demand in production plants: A queuing theory perspective. **International Journal Production Economics**, v.170, Part B, p.393–400, 2015.

4 ARTIGO A: CONSTRUÇÃO DE MODELOS ESTATÍSTICOS BASEADOS NA AVALIAÇÃO DE SÉRIES HISTÓRICAS TEMPORAIS DA CULTURA DA MANDIOCA

4.1 RESUMO E ABSTRACT

RESUMO: A mandioca é uma planta originária das Américas e tem uma grande importância no cenário produtivo Brasileiro, sendo comercializada tanto *in natura* como nas formas de farinha e fécula para o mercado interno e exportação. A avaliação e interpretação de dados históricos é de fundamental importância na tomada de decisão, direcionamento de investidores e na criação de políticas públicas para o agronegócio. O presente estudo teve como objetivo o estudo do contexto da cultura de mandioca e a aplicação de ferramentas estatísticas de previsão, baseadas em análise de séries temporais de dados históricos. Verificou-se que tanto o método de previsão Holt Wintes quanto o Box Jenkins foram eficientes na previsão das séries temporais estudadas e que o Brasil vem apresentando uma redução linear na área destinada ao cultivo de mandioca. Os estados que mais estão contribuindo para essa redução de área são o Maranhão e a Bahia. Os estados do Pará e Paraná se destacaram como os maiores produtores de mandioca sendo que o primeiro se destaca na produção de farinha de mandioca e o segundo na produção de fécula.

Palavras Chave: Holt-Winters; Box-Jenkins; Previsão; Econometria; *Manihot esculenta Crantz*.

ABSTRACT: Cassava is a plant native to the Americas and has great importance in the Brazilian production sector, being commercialized both in its natural form and in the flour and starch forms for the domestic market and for export. The evaluation and interpretation of historical data is fundamentally important in decision making, investor orientation and in the creation of public policies for agribusiness. The objective of this research was to study the context of cassava cultivation and the

application of statistical forecasting tools based on time series analysis of historical data. It was verified that both the Holt Wintes forecast and the Box Jenkins method were efficient in forecasting the time series studied and that Brazil has been presenting a linear reduction in the area destined to cassava cultivation. The states that are most contributing to this area reduction are Maranhão and Bahia. The states of Pará and Paraná stood out as the largest producers of cassava, the first one stands out in the production of cassava flour and the second one in the production of starch.

Keywords: Holt-Winters; Box-Jenkins; Forecast; Econometrics; *Manihot esculenta* Crantz.

4.2 INTRODUÇÃO

De acordo com Howeler, Lutaladio e Thomas (2013), a importância da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) na agricultura mundial vem aumentando, sendo geralmente cultivada por pequenos agricultores em mais de 100 países tropicais e subtropicais. No ano de 2012 a colheita atingiu níveis recordes, graças ao comércio global de produtos da mandioca e forte crescimento da produção na África.

Os três maiores continentes produtores de mandioca são a África, Ásia e as Américas, porém Ásia e Américas apresentam um rendimento melhor do que o do continente Africano. Dentro das Américas o Brasil se destaca como maior produtor, mas, não tem apresentado significativas alterações na área de cultivo (FUKUDA; OTSUBO, 2003).

Com base em dados do ano de 2013, disponibilizados pela Fao (2015), a Nigéria lidera a produção de mandioca mundial (53 milhões de toneladas), seguida pela Tailândia (30 milhões de toneladas) e Indonésia (24 milhões de toneladas), já o Brasil ocupou naquele ano o quarto lugar, tendo apresentado uma produção de 21,48 milhões de toneladas. De acordo com o IBGE (2015 e 2017), no ano de 2013 o Brasil apresentou produtividade média de 14,08 toneladas por hectare de raízes de mandioca e subiu consecutivamente chegando até 15,24 toneladas por hectare no ano de 2015.

A partir do início dos anos 2000 a mandioca, que era conhecida em nosso País, como uma cultura de baixo valor agregado, conheceu uma profunda mudança de imagem, sendo impulsionada pela produção de fécula nos estados do Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo (VILPOUX, 2011).

A capacidade instalada da indústria de fécula de mandioca no Brasil, de acordo com CEPEA (2013), é de até 19.107 toneladas de raízes ao dia, se todas as indústrias trabalhassem pelo menos 200 dias por ano a plena capacidade, poderiam ser processadas 3,82 milhões de toneladas de mandioca no Brasil por ano, sendo que a produção de fécula de mandioca está concentrada principalmente no estado do Paraná, onde foram produzidas 374,3 mil toneladas, representando 72% do total nacional produzido no ano de 2013.

De acordo com a CONAB (2014), a produção de farinha é de difícil controle, pois além da produção industrial, muita farinha é produzida de forma artesanal e até mesmo doméstica, o que dificulta o levantamento de dados numéricos concretos da produção.

Vários órgãos governamentais realizam um importante trabalho de coleta e disponibilização de dados os quais podem embasar tomadas de decisão por parte de empresas e produtores, mas cabe aqui destacar que uma avaliação detalhada desses dados também se faz igualmente importante.

O processo de avaliação de dados e aplicação de modelos de previsão fornece uma visão sistêmica do passado e do presente, vislumbrando uma tendência para o futuro, tal estudo auxilia no planejamento para todos os elos da cadeia produtiva avaliada, sendo ferramenta indispensável para o gestor (GONÇALVES, 2007).

A coleta de informações de empresas ou países, é realizada para análise e planejamento com vistas à tomada de decisão, que implica em uma avaliação do futuro (CHAVEZ QUISBERT, 1997).

As séries temporais mapeiam uma determinada variável ao longo do tempo, removendo as variações com causas assinaláveis possibilitando o uso de extrapolação para previsão do comportamento futuro (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). De acordo com Morettin e Tolo (2006), a previsão constitui-se em um meio de fornecer informações para uma tomada de decisão com vistas a algum objetivo.

Ehlers (2009), explica que séries temporais podem surgir em uma quantidade

enorme de segmentos, sendo que para sua análise são necessárias ferramentas específicas, tendo em vista que as observações não são independentes, onde a ordem de coleta dos dados é essencial.

Gujarati e Porter (2011), explicam que existem muitos métodos disponíveis para realização de previsões em séries temporais, dentre eles citam os métodos de suavização exponencial, modelos de regressão uni equacionais e de equações simultâneas, processo auto regressivo integrado de média móvel (ARIMA) e modelos de vetores auto regressivos (VAR).

Com mais de cinquenta anos de idade o método de Holt Winters, também conhecido como alisamento exponencial, é um dos métodos mais populares, isso se deve à sua simplicidade, fácil automatização e a necessidade de pequeno número de dados armazenados. Apresenta ainda a vantagem de ser capaz de se adaptar às mudanças nas tendências e padrões sazonais das séries temporais, quando estas ocorrem (GOODWIN, 2010).

Essa técnica é originária de estudos de Robert Goodbell Brown realizados na década de 40, sendo que em 1957 Charles Carter Holt, desenvolveu seus próprios métodos de suavização exponencial, no início da década de 60 Peter Winters realizou transformações no método de Holt e o transformou no modelo conhecido atualmente como Holt-Winters (FELICIANO, 2009).

A técnica do alisamento (amortecimento) exponencial é semelhante ao método de ajuste de modelos pelas médias móveis, porém nesse grupo de procedimentos, os pesos das observações decrescem à medida que as observações estão mais longe do passado. Os pesos atribuídos aos elementos da série temporal decaem exponencialmente (razão do nome suavização exponencial), do mais recente para o mais antigo (PELLEGRINI; FOGLIATTO, 2002).

O modelo ARIMA foi desenvolvido nos anos 1970 por George Box e Gwilym Jenkins os quais pretendiam descrever mudanças em uma série temporal por meio de uma abordagem matemática (SATO, 2013). Um modelo ARIMA segundo Box e Jenkins (1970), têm três partes, a parte auto regressiva (AR), a parte de integração (I) e a parte média móvel (MA), embora nem todas as partes sejam sempre necessárias.

A metodologia de Box-Jenkins (BJ), tecnicamente denominada como metodologia ARIMA, utiliza-se da análise probabilística ou estocástica, onde os valores futuros são estimados com base nos valores passados, ou defasados e dos

termos de erros estocásticos (GUJARATI; PORTER, 2011). Para a construção de um modelo ARIMA (p,d,q) que represente uma série temporal Y_t : são necessários os filtros de médias móveis (parâmetro q), auto regressivo estacionário (parâmetro p) e o de integração não-estacionário (parâmetro d). A Figura 1 representa esse conjunto de filtros aos quais associam-se os parâmetros do modelo, o ruído branco pode ser interpretado como sendo os erros aleatórios que interferem no sistema (NETTO, 2015).



Figura 1. Filtros utilizados para a elaboração de um modelo por meio da metodologia Box-Jenkins.
Fonte: Netto, 2015.

Além desses métodos mais sofisticados não se pode esquecer dos modelos de regressão, os quais originaram-se da lei da regressão universal criada por Francis Galton e confirmada por Karl Pearson, ao estudarem a altura dos indivíduos, atualmente uma análise de regressão diz respeito ao estudo da dependência entre duas variáveis, visando estimar ou prever o valor médio da primeira em termos dos valores conhecidos ou fixados da segunda (GUJARATI; PORTER, 2011).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo a avaliação do cenário do cultivo da mandioca nos últimos anos e a aplicação de modelos estatísticos em dados temporais, apresentando as relações e tendências desta cultura no Brasil, comparando-os posteriormente com dados reais para validação dos modelos escolhidos.

4.3 METODOLOGIA

O presente estudo pode ser classificado quanto aos seus objetivos como descritivo (GIL, 2008), pois visou apresentar dados sobre séries temporais referentes

ao cultivo de mandioca no Brasil, estabelecendo relação entre variáveis. Para tanto utilizou-se procedimentos metodológicos caracterizados como levantamento documental de cunho quantitativo e pesquisa operacional aplicada, realizando a construção de modelos matemáticos, por meio do uso de ferramentas estatísticas e algoritmos para interpretação e disponibilização de resultados que possam auxiliar na tomada de decisão.

De acordo com Barbeta (2010), com o advento da informática aumentou muito a quantidade de dados disponíveis, porém para que esses dados coletados sejam informativos precisam ser organizados e apresentados de maneira adequada por meio de ferramentas e análises estatísticas. Dentre os métodos escolhidos para modelagem e previsão da tendência das séries temporais avaliadas nesse estudo formam utilizados os modelos de Suavização exponencial simples, modelo de Holt e de Holt-Winters, modelos Box-Jenkins, descritos comumente como ARIMA, além de métodos de regressão linear.

De acordo com Makridakis; Wheelwright e Hyndman (1998), o modelo de suavização exponencial simples utiliza apenas a estimativa de nível descrita pela Equação 1.

$$N2 = \alpha y1 + (1 - \alpha) N1 \quad (1)$$

Onde: N2 é a previsão para o período t+1; α é a constante de suavização com valores entre 0 e 1; y1 é o valor observado na série temporal para o tempo T e N1 é o valor da previsão feita para o tempo t-1.

O modelo de suavização biparamétrica de Holt leva em conta a tendência ou inclinação e para o uso desse modelo as Equações 2 e 3 devem ser utilizadas (Makridakis; Wheelwright; Hyndman, 1998).

$$N2 = \alpha y1 + (1 - \alpha) (N1 + T1) \quad (2)$$

$$T2 = \beta (N2 - N1) + (1 - \beta) T1 \quad (3)$$

Onde: N2 e N1 são as previsões para os períodos; T1 e T2 são as previsões de tendência para os períodos, α e β são as constantes de suavização com valores

entre 0 e 1 e y_1 é o valor observado na série temporal.

Já o modelo de Holt-Winters, denomina-se como método de amortecimento exponencial que leva em conta os componentes de sazonalidade da série de dados observados. As constantes de alisamento (α , β e γ) são determinadas minimizando a soma dos quadrados dos erros de previsão um passo à frente. A correção da parte sazonal é realizada pela utilização das Equações 4, 5 e 6 para o modelo multiplicativo e 7, 5 e 8 para o modelo aditivo.

$$N_2 = \alpha y_1/S_1 + (1 - \alpha) (N_1 + T_1) \quad (4)$$

$$T_2 = \beta (N_2 - N_1) + (1 - \beta) T_1 \quad (5)$$

$$S_2 = \gamma (T_2/T_1) + (1 - \gamma) S_1 \quad (6)$$

$$N_2 = \alpha (y_1 - S_1) + (1 - \alpha) (N_1 + T_1) \quad (7)$$

$$S_2 = \gamma (T_2 - T_1) + (1-\gamma) S_1 \quad (8)$$

Onde: N_2 e N_1 são as previsões para os períodos; T_1 e T_2 são as previsões de tendência para os períodos, S_1 e S_2 são as sazonalidades para o período, α , β e γ são as constantes de suavização com valores entre 0 e 1 e y_1 é o valor observado na série temporal.

Já a previsão para o método multiplicativo de acordo com Makridakis; Wheelwright e Hyndman (1998), é realizada pela Equação 9 e para o método aditivo pela Equação 10.

$$P_{t+m} = (N_1 + T_1 m) S_{t-s+m} \quad (9)$$

$$P_{t+m} = N_1 + T_1 m + S_{t-s+m} \quad (10)$$

Para construção dos modelos ARIMA foram seguidos os passos de identificação, estimação, validação e previsão descritos por Gomes (1989). De acordo com Chavez Quisbert (1997) e Fava (2000), um modelo ARIMA pode ser

descrito genericamente por meio da Equação (11).

$$W_t = \varnothing_1 W_{t-1} + \dots + \varnothing_p W_{t-p} + \varepsilon_t - \Theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \Theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (11)$$

Onde: W valores observados nos diferentes tempos, \varnothing constante da parte auto regressiva, Θ constante da parte de médias móveis, ε erros encontrados ao longo do tempo. A ordem do modelo dependerá da quantidade de tempos utilizados em cada parte específica.

Para a realização da análise de regressão linear aplicou-se o modelo disponibilizado na Equação (12) conforme descrito por Gujarati e Porter (2011).

$$Z_t = \beta_0 + \beta_1 t + e \quad (12)$$

Onde: β_0 e β_1 são o intercepto e a inclinação, respectivamente, e os parâmetros desconhecidos. O método clássico de mínimos quadrados (ou regressão) é utilizado para estimar os parâmetros β_0 e β_1 .

Os dados estatísticos para realização do estudo foram obtidos diretamente dos sites do IBGE (2015) e Cepea-Esalq (2015). Para aplicação dos modelos utilizou-se as planilhas do Microsoft Excel® seu Add In StatPro (CREAL, 2015), e softwares livres como o WessaNet (Wessa, 2013), Action 2.9 (Action, 2015) e Gretl 1.10.1 (Gretl, 2015).

4.4 RESULTADOS

Com base nos dados fornecidos pelo IBGE (2015), a produção de Mandioca pode ser encontrada em todos os estados brasileiros, porém, os principais Estados em área de produção em hectares plantados no ano de 2013 foram: Pará, Maranhão, Bahia e Paraná, os quais juntos foram responsáveis por mais de 50% da área destinada à produção nacional de Mandioca (Figura 2).

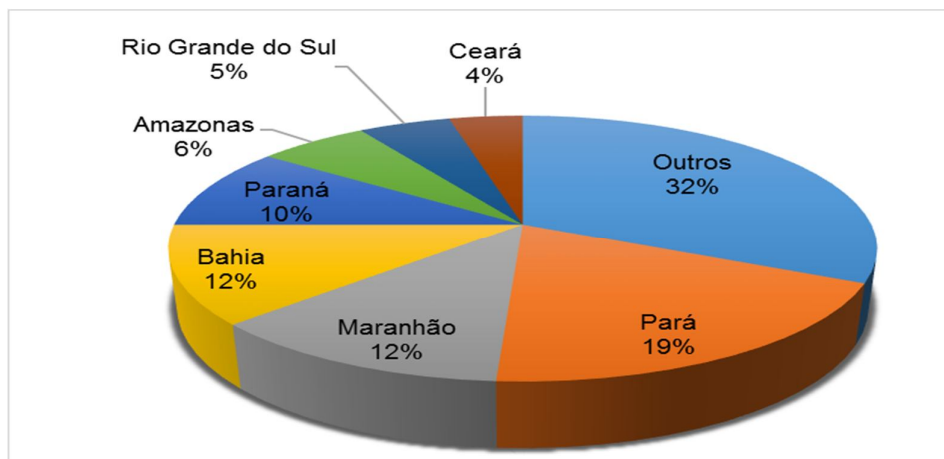


Figura 2. Percentual de área destinada ao cultivo de Mandioca nos principais Estados Brasileiros

Fonte: Construído com base em dados do IBGE, (2015).

Porém cabe ressaltar que com base na quantidade produzida em toneladas do produto, no ano de 2013 ocorre uma inversão na ordem de importância dos estados, sendo que o estado do Paraná fica em segundo lugar com uma produção de 3,7 milhões de toneladas perdendo apenas para o Pará que produziu 4,6 milhões de toneladas. O estado do Maranhão foi o menos produtivo dos quatro produzindo 1,3 toneladas enquanto que a Bahia produziu 1,8 toneladas naquele ano, a soma das quantidades também representa mais de 50% do total nacional.

Ao se avaliar os dados de Percentual de área destinada ao cultivo de Mandioca no Brasil, indicam uma redução de área de cultivo ao longo dos anos, sendo que o valor de 2,35% foi o menor valor da série histórica coletada, encontrado para o ano de 2013 (IBGE, 2015). Silva (2013), atribui a redução de área destinada ao cultivo da mandioca à uma concorrência por área com culturas como o milho e a soja, que vêm apresentando expressivos aumentos de áreas em diversos estados do País.

De acordo com Vilpoux (2011), a falta de competitividade do setor de fécula de mandioca em relação ao amido de milho é explicada pelas dificuldades na obtenção da matéria-prima, ou seja, raízes de mandioca, em quantidades e preços estáveis.

Foi possível, por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, observar uma correlação de 94% entre anos e área cultivada, ajustou-se uma reta de regressão aos dados (Equação 12).

$$Y = -0,077x + 157,71 \quad (12)$$

O valor de r^2 dessa equação de regressão foi 89%, encontrou-se $p < 0,05$ para regressão e fatores da equação, o que comprovou o bom ajuste do modelo (Figura 3).

A previsão de área agrícola brasileira destinada ao cultivo de mandioca com base na equação de regressão seria de 2,63% para 2014 e de 2,55% para 2015, o que indica um aumento em relação a 2013, porém não voltaria ao valor de 2,79% observado em 2012. Essa redução tem sido percebida por economistas que destacam o aparecimento de problemas de abastecimento nas indústrias do setor.

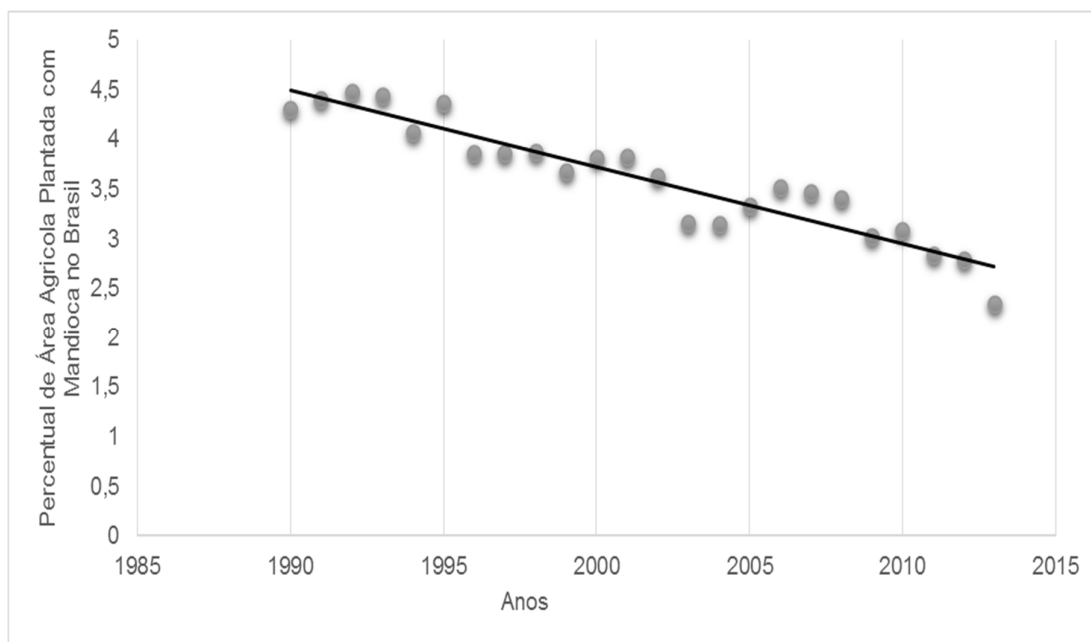


Figura 3. Equação de Regressão ajustada a tendência de redução de área de plantio de Mandioca ao longo dos anos no Brasil

Fonte: Construído com base em dados do IBGE, (2015).

Os resultados reais disponibilizados pelo IBGE (2017), informaram dados ainda mais preocupantes, pois no ano de 2014 o valor foi de 2,26% e em 2015 de 2,16% confirmando a redução da área destinada a cultura da mandioca no Brasil.

De acordo com Groxko (2013), as fecularias e farinheiras, estão encontrando problemas para seu abastecimento, o que têm acarretado a busca pelo produto em áreas mais distantes e o aumento dos preços em todos os seguimentos de comercialização. No final de 2013 e início de 2014 observou-se realmente um pico de preços, chegando próximo aos 550 reais por tonelada (Figura 4).

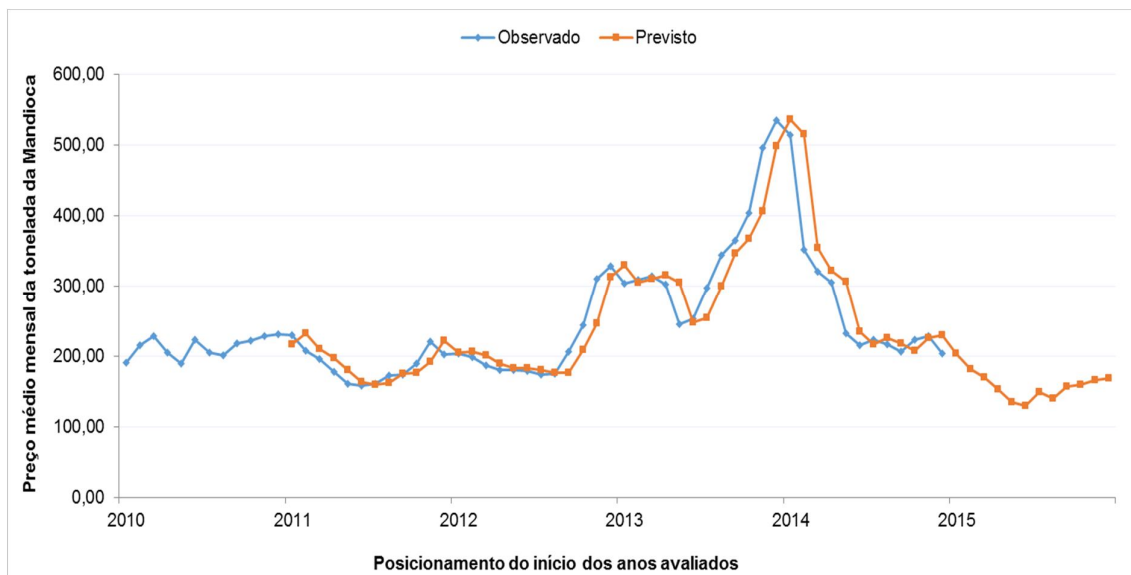


Figura 4. Dados de preço médio mensal da tonelada de Mandioca desde janeiro de 2010 até dezembro de 2014 e previsão para o ano de 2015 calculados pelo método de Holt-Winters aditivo

Fonte: Construído com base nos dados disponibilizados pelo CEPEA – ESALQ, (2015).

Porém Silva (2013), explica que para o período esse aumento nos preços foi ocasionado pela seca, que prejudicou por dois anos seguidos os cultivos de mandioca e milho no Nordeste do País. A redução da produção de milho e consequente redução na produção de amido aumentou ainda mais os preços da fécula, que é concorrente do amido em diversos setores industriais.

Esses aumentos de preços tendem a ocasionar um aumento na área de plantio, tal fato aumenta a oferta de mandioca, o que na sequência causa uma queda nos preços, criando ao final de um período mais longo um ciclo. Apesar da tendência de queda linear visualizada, os ciclos de aumento seguidos por redução de área também podem ser observados na Figura 3.

A seguir realizou-se a construção de um modelo estatístico para previsão dos preços do ano de 2015, por meio da avaliação uma série temporal de médias mensais construída com os valores disponibilizados pelo CEPEA (2015), a partir do ano de 2010.

Para a avaliação escolheu-se o método de Alisamento Exponencial de Holt-Winters, pois observou-se com base no gráfico a presença de sazonalidade, além de nos testes realizados esse método ter se ajustado melhor do que o de médias móveis ou outros métodos de ajuste exponencial. Foram testados os modelos aditivo e multiplicativo, sendo que o modelo aditivo apresentou menores valores de erros sendo escolhido para avaliar os dados e realizar a estimativa de valores futuros.

Os parâmetros que minimizaram os erros foram $\alpha = 1,0$ e $\beta = 0,0$ e $Y = 0,860$. Os valores encontrados para os erros calculados foram 21,6400 para o erro médio absoluto (MAE), 32,7506 para o erro quadrático médio (RMSE) e 7,59% para média de erro absoluto percentual (MAPE). O gráfico ilustrativo do desempenho do modelo pode ser visualizado na Figura 4.

Os valores reais para o ano de 2015, visaram validar o modelo e os valores da previsão encontrados pelo método de ajuste exponencial aditivo de Holt-Winters, para os 12 meses do ano de 2015, podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores Previstos e Intervalo de confiança para a previsão dos Preços para os próximos meses por meio do método de Holt Winters aditivo.

| Meses de 2015 | Valores médios reais observados no site do CEPEA | Valores da Previsão | Intervalo de Confiança a 95% | |
|---------------|--|---------------------|------------------------------|-----------------|
| | | | Limite Inferior | Limite Superior |
| Janeiro | 202,95 | 203,98 | 139,00 | 268,95 |
| Fevereiro | 187,38 | 182,45 | 117,47 | 247,42 |
| Março | 179,46 | 170,07 | 105,09 | 235,04 |
| Abril | 186,83 | 153,17 | 88,19 | 218,14 |
| Mai | 172,95 | 135,24 | 70,26 | 200,21 |
| Junho | 157,79 | 130,45 | 65,47 | 195,42 |
| Julho | 140,83 | 149,19 | 84,21 | 214,16 |
| Agosto | 139,08 | 140,50 | 75,52 | 205,47 |
| Setembro | 141,72 | 156,96 | 91,98 | 221,93 |
| Outubro | 148,59 | 159,50 | 94,52 | 224,47 |
| Novembro | 181,47 | 166,00 | 101,02 | 230,97 |
| Dezembro | 212,47 | 169,69 | 104,71 | 234,66 |

De acordo com dados divulgados no site do canal Rural (CANAL RURAL, 2015), os valores chegaram em meados de junho a R\$ 142,93, esse valor ficou próximo ao obtido por meio da análise que previu um valor médio para o mês de R\$ 130,45 e ficou dentro dos limites de confiança de R\$ 65,47 e R\$ 195,42, o que juntamente com os valores médios dos primeiros meses de 2015, confirmaram a eficiência da previsão realizada pelo método escolhido, sendo importantes para validação do modelo.

Chavez Quisbert (1997), explica que as previsões não têm o intuito de serem exclusivas ou permanentes e que estas precisam ser revisadas e até mesmo alteradas ao longo do tempo, pois informações disponibilizadas devem ir sendo acrescentadas sempre que possível, afirma ainda que a previsão é uma ferramenta importante, mas exige uma análise criteriosa.

Quanto à escolha da metodologia, Castanho (2011), explica que nenhum método pode ser considerado como o melhor para fazer as previsões sendo que

todos apresentam vantagens e desvantagens, o que torna o procedimento de previsão uma tarefa complexa e de difícil execução.

Buscando-se verificar o comportamento de destinação de área para o cultivo da mandioca realizou-se uma avaliação mais detalhada dos quatro principais estados tradicionalmente descritos como principais produtores, responsáveis por mais de 50% da produção, por meio de dois tipos de previsão descritas por Gujarati e Porter (2011), os métodos de suavização exponencial e o processo auto regressivo integrado de média móvel (ARIMA).

4.4.1 Avaliação Realizada Para O Estado do Pará

Iniciou-se a avaliação pelo estado do Pará, que destina uma maior área e é o maior produtor de mandioca Nacional, a produtividade média daquele estado no ano de 2013 foi de 15,29 toneladas por hectare, responsável em 2013 por 21,51% da produção nacional (IBGE, 2015). De acordo com Alves e Modesto Junior (2013), a produção de mandioca daquele estado é em sua grande maioria destinada à produção de farinha, sendo que em 2013 o Pará produziu apenas 3.000 toneladas de fécula o que representou 0,6% da produção nacional.

Observou-se que durante todo o período de dados levantados para a realização desse estudo, grande parte da área agrícola do estado foi destinada ao cultivo da mandioca, tendo inclusive chegado no ano de 1992 a um valor próximo a 50% da área cultivável do estado, que segundo o IBGE é de 888.463 hectares. Porém, ao longo da maior parte do tempo avaliado, a ocupação ficou entre 20 e 40% da área agricultável do estado.

Ao se realizar uma análise estatística descritiva o valor de 50% se posicionou como um *outlier*. Os dados mostraram tendência inicial negativa e posterior tendência positiva até 2011 quando parece ter iniciado uma nova redução de área de cultivo naquele estado.

Para realização da previsão dos valores de área a ser cultivada utilizou-se o método de Alisamento Exponencial Biparamétrico de Holt (AEBH), por esse método ter se ajustado melhor do que o de médias móveis ou outros métodos de ajuste exponencial, apresentando normalidade nos resíduos e valores de erro médio

absoluto (MAE) de 1,7684, erro quadrático médio (RMSE) de 2,0311 e média de erro absoluto percentual (MAPE) de 5,57%, para tanto os parâmetros que minimizaram esses erros foram $\alpha = 1,0$ e $\beta = 0,76$.

Os resultados da previsão realizada por esse método foram 31,94% da área para o ano de 2014 com intervalo de confiança entre 28,88 e 34,93%. Calculou-se ainda, lançando mão da ferramenta de *Bootstrapping*, o valor de previsão para o ano de 2015 resultando em 34,03% com intervalo de confiança de 31,00 a 37,05%. Os valores previstos e a série observada para o estado do Pará podem ser visualizados na Figura 5.

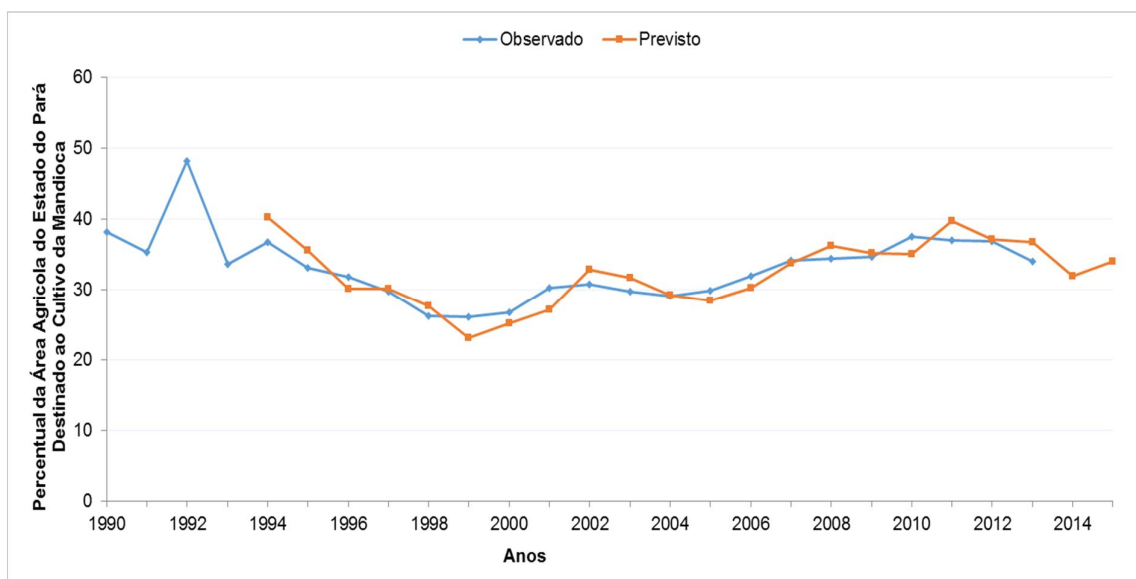


Figura 5. Previsão por meio de suavização exponencial biparamétrica de Holt, ajustada à variação de área de plantio de Mandioca ao longo dos anos no Pará

Fonte: Construído com base em dados do IBGE, (2015).

Chavez Quisbert (1997), explicam que resultados mais confiáveis por meio dos modelos ARIMA são obtidos com séries de 30 dados, aqui só foram utilizados 24 dados por não existirem mais dados disponíveis para as séries a serem avaliadas, mas cabe destacar que isso pode acarretar imprecisão aos valores calculados por esse método.

Verificou-se o comportamento não estacionário da série por meio do teste de Raiz Unitária de Dickey-Fuller Aumentado onde $p > 0,05$, portanto para realização da previsão por meio dos modelos de Box-Jenkins foi necessária uma diferenciação a qual se mostrou suficiente para tornar os dados estacionários, posteriormente

escolheu-se como mais adequado um modelo ARIMA (1,1,0), com o qual foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores Calculados para a equação do modelo ARIMA (1,1,0).

| | <i>Coefficiente</i> | <i>Erro Padrão</i> | <i>Valor de z</i> | <i>p-valor</i> | |
|-----------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----|
| Parâmetro phi_1 | -0,542179 | 0,169832 | -3,192 | 0,0014 | *** |

Obs. *** nível de 1% de significância.

Os resíduos foram igualmente testados e observou-se uma distribuição normal e ausência de auto correlações. Os valores previstos para área de cultivo de mandioca no estado do Pará nos anos 2014 e 2015 por esse método foram superiores aos encontrados pelo método de suavização exponencial biparamétrica de Holt que indicou um aumento de área enquanto os resultados do modelo ARIMA direcionaram para uma leve redução de área (Tabela 3).

Tabela 3. Valores Previstos, erro padrão e Intervalo de confiança para a previsão pelo método ARIMA (1,1,0).

| Anos | Previsão | Erro padrão | Intervalo de Confiança a 95% |
|------|----------|-------------|------------------------------|
| 2014 | 35,53 | 3,732 | (28,22, 42,85) |
| 2015 | 34,72 | 4,104 | (26,67, 42,76) |

Obs. Para intervalos de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$

De acordo com o IBGE (2017) os valores reais observados foram de 36,13% para o ano de 2014 e 30,45 para o ano de 2015, portanto fora do intervalo de confiança calculado pelo método Holt Winters, sendo que o método ARIMA apresentou resultados mais próximos dos reais e intervalos de confiança mais adequados.

4.4.2 Avaliação Realizada Para o Estado do Maranhão

O estado do Maranhão também é um grande produtor de farinha de mandioca, mas de acordo com Silva et al. (2015) esta cultura sofreu muita migração dentro do estado pois tendeu a ser utilizada como cultura inicial nas áreas naturais, sendo posteriormente substituída por outras lavouras. O cultivo de mandioca desse estado ocupa entre 10 e 14% da área destinada à agricultura do estado que é de 1.845.490 hectares (Figura 6). De acordo com dados do IBGE (2015) a

produtividade média do ano de 2013 daquele estado foi de 6,98 toneladas por hectare, uma das mais baixas encontradas no País, apenas os estados de Ceará e Piauí apresentaram médias produtivas piores que o Maranhão.

O método de Alisamento Exponencial Simples foi escolhido para a análise da área a ser cultivada nesse estado, pois esse método ajustou-se melhor do que o de médias móveis ou outros métodos de ajuste exponencial, apresentando normalidade nos resíduos e valores de (MAE) erro médio absoluto de 0,8353, (RMSE) erro quadrático médio de 1,0931 e (MAPE) média de erro absoluto percentual de 6,97%, para tanto o parâmetro que minimizou esses erros foi $\alpha = 0,606$.

Os resultados da previsão realizada por esse método foram 10,75% da área para o ano de 2014 com intervalo de confiança entre 9,16 e 12,34% e lançando mão da ferramenta de *Bootstrapping* calculou-se o valor de 10,51% para o ano de 2015 com intervalo de confiança de 8,92 a 12,10%. Os valores previstos e a série observada para o estado do Maranhão podem ser visualizados na Figura 6.

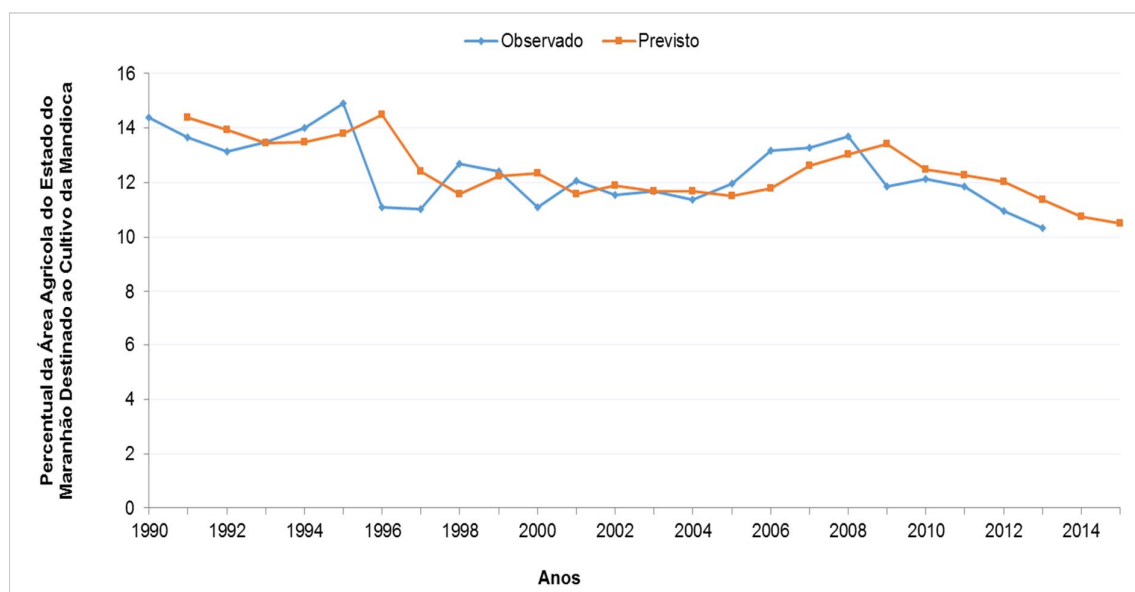


Figura 6. Previsão por meio de suavização exponencial simples, ajustada à variação de área de plantio de Mandioca ao longo dos anos no Maranhão
Fonte: Construído com base em dados do IBGE, (2015).

Verificou-se o comportamento não estacionário da série por meio do teste de Raiz Unitária de Dickey-Fuller Aumentado onde $p > 0,05$, portanto para realização da previsão por meio dos modelos de Box-Jenkins foi necessária uma diferenciação a qual se mostrou suficiente para tornar os dados estacionários, posteriormente

escolheu-se como mais adequado um modelo ARIMA (0,1,2), com o qual foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores Calculados para a equação do modelo ARIMA (0,1,2).

| | <i>Coefficiente</i> | <i>Erro Padrão</i> | <i>Valor de z</i> | <i>p-valor</i> | |
|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----|
| Constante | -0,0988876 | 0,0390883 | -2,530 | 0,0114 | ** |
| Parâmetro theta_1 | -0,517894 | 0,227267 | -2,279 | 0,0227 | ** |
| Parâmetro tetha_2 | -0,482106 | 0,182156 | -2,647 | 0,0081 | *** |

Obs. ** nível de 5% de significância e *** nível de 1% de significância.

Os resíduos foram igualmente testados e observou-se uma distribuição normal e ausência de auto correlações. Os valores previstos para área de cultivo de mandioca no estado do Maranhão nos anos 2014 e 2015 por esse método foram superiores aos encontrados pelo método de suavização exponencial simples e apresentaram tendência de aumento de área (Tabela 5), enquanto as previsões pelo método de suavização exponencial indicaram leve redução de área.

Tabela 5. Valores Previstos, erro padrão e Intervalo de confiança para a previsão pelo método ARIMA (0,1,2).

| Anos | Previsão | Erro padrão | Intervalo de Confiança a 95% |
|------|----------|-------------|------------------------------|
| 2014 | 10,86 | 0,930260 | (9,04, 12,68) |
| 2015 | 11,13 | 1,03173 | (9,10, 13,15) |

Obs. Para intervalos de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$

Os dados reais apresentados pelo IBGE (2017) indicam os valores de 9,52% para o ano de 2014 e 9,64% para 2015, para esse estado os dois métodos de previsão estudados apresentaram resultados satisfatórios sendo que os valores reais se aproximaram dos previstos e ficaram dentro dos intervalos de confiança fornecidos.

4.4.3 Avaliação Realizada Para o Estado da Bahia

No estado da Bahia a mandioca é produzida principalmente em pequenas propriedades com baixo nível tecnológico, sendo muito comum nesse estado o consórcio com outras culturas como o milho e o feijão, pequenas áreas são destinadas à produção, sendo que os agricultores reclamam muito da oscilação dos preços e da falta de mercado consumidor na época da safra, sendo essa as

principais razões para migrarem para outras culturas (CARVALHO, 2009). Desde o ano de 2008 observa-se uma queda progressiva na área destinada ao cultivo de mandioca no estado da Bahia (Figura 7), sendo que em 2013 alcançou seu menor valor de 6% da área agricultável de 3.173.428 hectares e a produtividade média foi de 10,35 toneladas por hectare (IBGE, 2015).

O método de Alisamento Exponencial Simples foi o que apresentou os melhores resultados na avaliação da área de cultivo de mandioca nesse estado, pois esse método ajustou-se melhor do que o de médias móveis ou outros métodos de ajuste exponencial, para tanto o parâmetro que minimizou os erros foi $\alpha = 0,856$, sendo que o (MAE) erro médio absoluto calculado foi de 1,0211, o (RMSE) erro quadrático médio de 1,2722 e o (MAPE) média de erro absoluto percentual de 11,00%, sendo que os erros apresentaram distribuição normal.

Os resultados da previsão realizada por esse método para o ano de 2014 foi de 6,123% da área com intervalo de confiança entre 4,32 e 7,93%. Calculou-se ainda, lançando mão da ferramenta de *Bootstrapping*, o valor de previsão para o ano de 2015 resultando em 5,872% com intervalo de confiança de 4,07 a 7,67%. Os valores previstos e a série observada para o estado da Bahia podem ser visualizados na Figura 7.

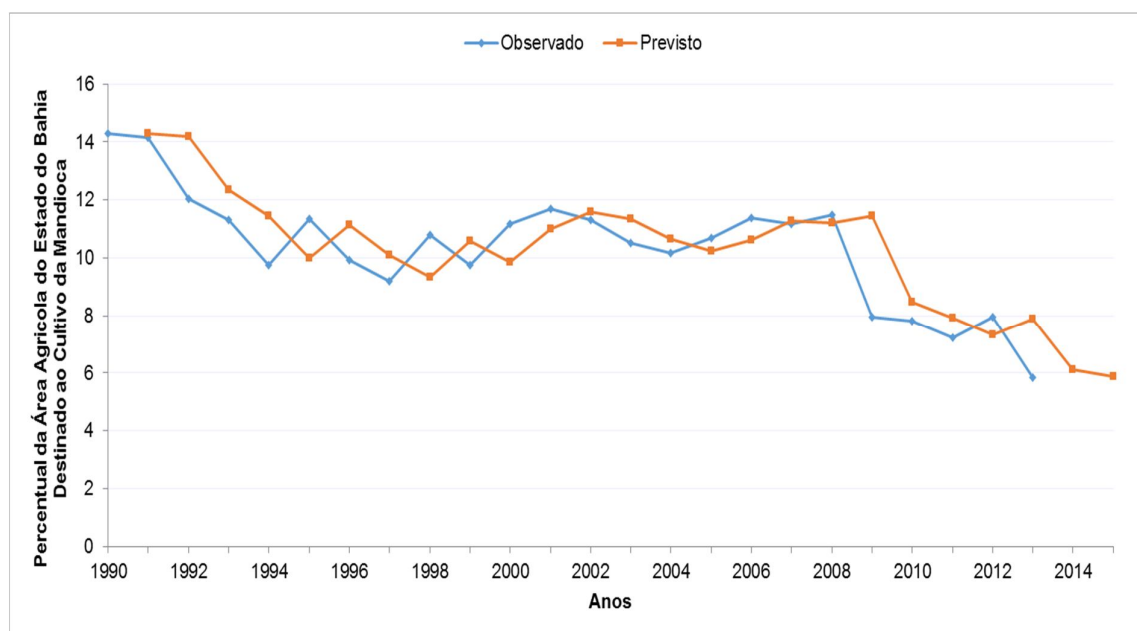


Figura 7. Previsão por meio de suavização exponencial simples, ajustada à variação de área de plantio de Mandioca ao longo dos anos no Bahia

Fonte: Construído com base em dados do IBGE, (2015).

A realização da previsão por meio dos modelos de Box-Jenkins foi realizada com base em um modelo ARIMA (0,0,2), com o qual foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 6. Os resíduos foram igualmente testados e observou-se uma distribuição normal e ausência de auto correlações.

Tabela 6. Valores Calculados para a equação do modelo ARIMA (0,0,2).

| | <i>Coefficiente</i> | <i>Erro Padrão</i> | <i>Valor de z</i> | <i>p-valor</i> | |
|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----|
| Constante | 10,3174 | 0,627691 | 16,44 | 0,00000104 | *** |
| Parâmetro theta_1 | 0,752415 | 0,186955 | 4,025 | 0,0000571 | *** |
| Parâmetro tetha_2 | 0,563813 | 0,181979 | 3,098 | 0,0019 | *** |

Obs. *** nível de 1% de significância.

Os valores previstos para área de cultivo de mandioca no estado da Bahia nos anos 2014 e 2015 por esse método, indicaram crescimento de área para 2015 enquanto que os resultados para a suavização exponencial indicaram uma redução na área, dessa forma observou-se um posicionamento contrário dos métodos (Tabela 7).

Para esse estado os valores calculados pelo método de suavização exponencial também foram menores que os calculados pelo método ARIMA.

Tabela 7. Valores Previstos, erro padrão e Intervalo de confiança para a previsão pelo método ARIMA (0,0,2).

| Anos | Previsão | Erro padrão | Intervalo de Confiança a 95% |
|------|----------|-------------|------------------------------|
| 2014 | 7,35 | 1,37016 | (4,66, 10,03) |
| 2015 | 8,63 | 1,71469 | (5,27, 11,99) |

Obs. Para intervalos de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$

Os valores de área de cultivo neste estado foram de 5,69% para o ano de 2014 e de 5,25% para o ano de 2015 segundo informações disponibilizadas pelo site do IBGE (2017). Observou-se que os valores reais ficaram dentro dos intervalos de confiança fornecidos pelos dois métodos de previsão utilizados, mas o método Holt Winters apresentou resultados previstos mais próximos dos reais.

4.4.4 Avaliação Realizada Para o Estado do Paraná

Diferentemente dos outros três estados anteriormente descritos, o Paraná não tem grande foco na produção de farinha, a industrialização nesse estado é

direcionada para a fécula, onde em 2012 foram produzidas 374,3 mil toneladas, representando 72% do total nacional. No estado do Paraná foram cultivados em 2013 um total de 156.198 hectares com mandioca, sendo que em termos de produtividade foi o segundo mais produtivo com média de 24,12 toneladas por hectare e só perdeu para o estado de São Paulo que apresentou uma média de 24,53 toneladas por hectare sendo a maior do país para o ano de 2013 (IBGE, 2015).

Observando-se os dados de área destinada à cultura ao longo dos anos, a tendência linear não foi observada, sendo que se comprovou o comportamento estacionário da série por meio do teste de Raiz Unitária de Dickey-Fuller Aumentado onde $p < 0,05$. Notou-se para esse estado uma variação cíclica entre 1 e 2,5% da área do estado destinada ao cultivo de Mandioca.

Para realização de uma previsão optou-se pela aplicação da suavização exponencial simples. A constante de amortecimento da suavização exponencial simples de nível α calculada foi 0,99 pois esse valor minimizou o (RMSE) erro quadrático médio 0,2862, o (MAE) erro médio absoluto 0,2390 e a (MAPE) média absoluta percentual de erro 14,10% constatou-se ainda a normalidade dos resíduos, dessa forma essa técnica foi escolhida como preferencial em relação ao uso do alisamento exponencial biparamétrico de Holt e ao método das médias móveis, os quais ao serem testados apresentaram erros superiores.

A previsão de área percentual plantada com Mandioca no estado do Paraná, calculada pelo método para o ano de 2014 foi de 1,511%, apresentando intervalos de confiança ao nível de 95% entre os valores de 1,08% e 1,94%.

Calculou-se ainda, lançando mão da ferramenta de *Bootstrapping*, o valor de previsão para o ano de 2015 resultando em 1,510%, mas esse método de previsão por não aplicar correções de tendência deixa as previsões bem próximas não sendo muito aconselhável a extrapolação para períodos muito distantes. Os valores previstos e a série observada para o estado da Paraná podem ser visualizados na Figura 8.

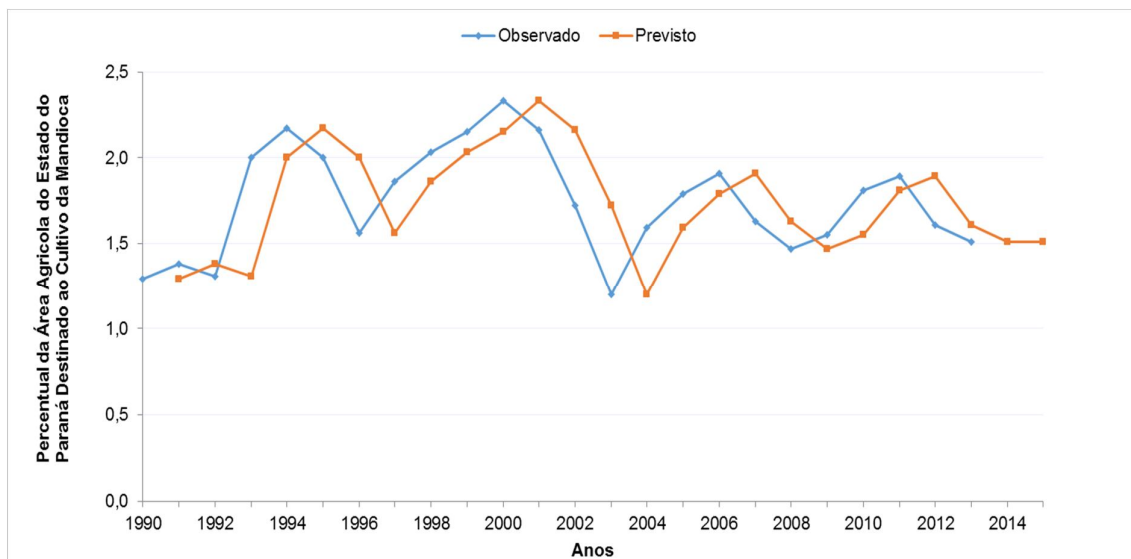


Figura 8. Previsão por meio de suavização exponencial simples, ajustada à variação de área de plantio de Mandioca ao longo dos anos no Paraná

Fonte: Construído com base em dados do IBGE, (2015).

Realizando-se a previsão por meio dos modelos de Box-Jenkins escolheu-se como mais adequado um modelo ARIMA (0,0,1), sendo que para tal obteve-se os resultados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Valores Calculados para a equação do modelo ARIMA (0,0,1).

| | <i>Coefficiente</i> | <i>Erro Padrão</i> | <i>Valor de z</i> | <i>p-valor</i> | |
|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----|
| Constante | 1,73341 | 0,0788171 | 21,9928 | <0,0001 | *** |
| Parâmetro theta_1 | 0,593916 | 0,144066 | 4,1225 | <0,0001 | *** |

Obs. *** nível de 1% de significância.

Os resíduos foram igualmente testados e observou-se uma distribuição normal e ausência de auto correlações significativas. Os valores previstos para área de cultivo de mandioca no estado do Paraná nos anos 2014 e 2015 por esse método foram ligeiramente superiores aos encontrados pelo método de suavização simples (Tabela 9) e apontam para um aumento de área enquanto que os encontrados pelo método de suavização exponencial indicam uma leve redução.

Tabela 9. Valores Previstos, erro padrão e Intervalo de confiança para a previsão pelo método ARIMA (0,0,1).

| Anos | Previsão | Erro padrão | Intervalo de Confiança a 95% |
|------|----------|-------------|------------------------------|
| 2014 | 1,65993 | 0,245707 | (1,17835, 2,14151) |
| 2015 | 1,73341 | 0,285774 | (1,17331, 2,29352) |

Obs. Para intervalos de confiança de 95%, $z(0,025) = 1,96$

Segundo Bernardi (2015), a área plantada com mandioca no Paraná foi de 165 mil hectares, sendo que de acordo com o IBGE, este estado possui 10.337.789 hectares cultiváveis isso corresponderia a 1,59% da área, esse valor ficou entre aos valores encontrados pelas duas metodologias utilizadas na previsão apresentada nesse estudo, o que pode comprovar a eficácia dos métodos.

Pode-se ainda citar os dados do IBGE (2017), que apresenta os valores reais de 1,48% para o ano de 2014 e 1,52% para o ano de 2015 que também apresentaram resultados aproximados entre os reais e previstos pelos dois métodos ficando em ambos dentro das faixas de intervalos de confiança obtidos.

4.5 CONCLUSÃO

Observou-se que o Brasil possui ciclos de aumento e redução de área destinada à produção de mandioca, mas, além dos ciclos vem apresentando uma redução linear na área destinada ao cultivo. Dentre os quatro estados principais produtores de mandioca avaliados, os estados do Maranhão e Bahia apresentaram redução de área nos últimos anos, o que resulta na redução da área nacional, pois são estados que possuem grande representatividade em área de produção, estando respectivamente em segundo e terceiro lugar no que diz respeito a área cultivada, nesses estados a mandioca é utilizada principalmente para produção de farinha e a maior parte dos produtores utilizam técnicas de cultivo rudimentares, sendo que a produtividade é baixa.

Já o estado do Pará, grande produtor de farinha de mandioca e o estado do Paraná, grande produtor de fécula, apresentaram produtividades melhores e tendência de manutenção ou aumento das áreas produtivas, mas também passam pelos problemas de uma produção cíclica com aumentos e reduções de área que ocorrem por conta das oscilações de preços das raízes de mandioca.

As técnicas estatísticas de previsão utilizadas e comparadas apresentaram valores próximos, mas, o método de suavização exponencial apresentou valores estimados menores que os encontrados pelo método Box-Jenkins e um direcionamento inverso em todos os casos, um prevendo aumento e outro redução de área para 2015, porém observou-se em todos uma boa proximidade dos

intervalos de confiança com os valores reais coletados após o término do período de estudo, o que comprovou a validação dos modelos apresentados neste estudo.

Os erros calculados foram menores para os modelos Box-Jenkins mas por serem séries com número menor do que 30 dados acredita-se ser mais adequada a escolha pelos métodos de suavização exponencial que são indicados para séries temporais com pequeno número de anos.

REFERENCIAS

ACTION. **Portal Action**: Ambiente Virtual de Aprendizado. Software Action. 2015. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em: 05 set. 2015.

ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. S. Demanda maior que a oferta da mandioca faz com que agricultor ganhe mais vendendo raiz que produzindo farinha. Eco Debate. **Cidadania & Meio Ambiente**, 09 ago. 2013. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2013/08/09/demanda-maior-que-a-oferta-da-mandioca-faz-com-que-agricultor-ganhe-mais-vendendo-raiz-que-produzindo-farinha-artigo-de-raimundo-nonato-brabo-alves-e-mois-es-de-souza-modesto-junior/>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. **Estatística para Cursos de Engenharia e Informática**. 3.ed.São Paulo: Atlas. 410p. 2010.

BERNARDI, A. Mandioca apodrece na terra para reduzir prejuízos de agricultores do PR. **Globo Rural**, Edição do dia 01/02/2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2015/02/mandioca-apodrece-na-terra-para-reduzir-prejuizos-de-agricultores-do-pr.html>>. Acesso em 20 mar. 2015.

BOX. G.; JENKINS, G. **Time Series Analysis**: Forecasting and Control, San Francisco: Holden-Day. 1970.

CANAL RURAL. **Mandioca desvalorizou 41,5% na semana passada**. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/mandioca-desvalorizou-415-semana-passada-57177>>. Acesso em: 04 mai. 2015.

CARVALHO, F. M. Sistemas de Produção de Mandioca em treze Municípios da Região Sudoeste da Bahia. **Bragantia**, Campinas, 68 (3), 699-702. 2009.

CASTANHO, B. J. da S. **Modelos Para Previsão de Receitas Tributárias: O ICMS do Estado do Espírito Santo**. 2011. 119p. Dissertação. Mestrado em Economia da Universidade Federal do Espírito Santo.

CEPEA. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. Raiz de Mandioca. 2015. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/mandioca/?page=474&Dias=15#>>. Acesso em: 07 mar. 2015.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Produção de Fécula fica Estagnada e Margem Diminui em 2012. Universidade de São Paulo. Departamento de Economia, Administração e Sociologia. Escola Superior De Agricultura "Luiz De Queiroz". 2013. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Cepea_CensoFecula2013.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2015.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para Agropecuária**. Volume 2 – Safra 2014-2015. Brasília. 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_18_03_00_perspectivas_2014-15.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2015.

CHAVEZ QUISBERT, N. Modelos Arima. **Revista Ciencia y Cultura**, La Paz, n.1, p.23-30. 1997.

CREAL, D. **How to Download and Install Stat Pro**. Disponível em: <http://faculty.chicagobooth.edu/drew.creal/teaching/basicCourseMaterial/statpro/HowToDownloadAndInstallStatPro.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2015.

FAVA, V. L. **Análise de Séries de Tempo**. In: VASCONCELOS, M. A. S.; ALVES, D. C. O. Manual de econometria: nível intermediário. São Paulo: Atlas. 2000.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cultivos**. 2015. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/E>.

FELICIANO, R. A. **Uma proposta de gerenciamento integrado da demanda e distribuição, utilizando sistemas de apoio a decisão (SAD) com business inteligente (BI)**. 179p. Dissertação. Mestrado em Engenharia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FUKUDA, C.; OTSUBO, A. A. **Cultivo da Mandioca na Região Centro Sul do Brasil. Sistemas de Produção**, 7. Embrapa Mandioca e Fruticultura. Versão Eletrônica. 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_centrosul/importancia.htm>. Acesso em: 22 abr. 2015.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo: Atlas. 2008.

GOMES, F. C. Os modelos Arima e a abordagem de Box-Jenkins uma aplicação na previsão do IBOVESA a curtíssimo prazo. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, n.29, v.2, p.63-70. 1989.

GONÇALVES, F. **Excel Avançado 2003/2007 Forecast: Análise e Previsão de Demanda**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna. 2007.

GOODWIN, Paul. **The Holt-Winters Approach to Exponential Smoothing: 50 Years Old and Going Strong**. Foresight Fall. 2010. Disponível em: <http://forecasters.org/pdfs/foresight/free/Issue19_goodwin.pdf>. Acesso em: 14 de mai 2015.

GRET. **Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library**. 2015. Disponível em: <<http://gretl.sourceforge.net/pt.html>>. Acesso em 27 abr. 2015.

GROXKO, M. **Mandiocultura. Análise da Conjuntura Agropecuária**. Curitiba: SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento e DERAL - Departamento de Economia Rural. 2013.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5.ed. Porto Alegre: AMGH. 924p. 2011.

HOWELER, R.; LUTALADIO, N.; THOMAS, G. **Save and Grow: Cassava. A guide to sustainable production intensification**. Roma: FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3278e/i3278e.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados Agregados. 2015. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 09 jun. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados Agregados. 2017. Disponível em: <<http://www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=t&o=11>>. Acesso em 14 fev. 2017.

MAKRIDAKIS, S., WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: methods and applications**, 3ª ed., John Wiley, New York. 1998

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C.M.C. **Análise de Series Temporais**. São Paulo: Edgard Blucher. 538 p. 2006.

NETTO, M. A. C. **A Previsão com a Metodologia de Box-Jenkins**. Rio de Janeiro: UFRJ. Instituto de Economia. 2015. Disponível em: <<http://www.ie.ufrj.br/download/APrevisaoComMetodologiadeBox-Jenkins.pdf>>. Acesso em 23 jun 2015.

PELEGRINI, F. R.; FOGLIATTO, F. S. **Metodologia para Implantação de Sistemas de Previsão de Demanda**. Dissertação. Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). 2002.

SATO, R. C. **Gerenciamento de doenças utilizando séries temporais com o modelo ARIMA**. Einstein, São Paulo, n.11, v.1, p.128-131. 2013.

SILVA, I. D. Costa; SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N.; SANTOS, J. S. Dinâmica espaço – temporal da produção de Mandioca no Maranhão (1990-2012). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, 2015. **Anais...** João Pessoa: INPE, 25 a 29 de abril de 2015. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p1705.pdf>>. Acesso em 06 mai 2015.

SILVA, J. R. Produção Nacional de Mandioca: 2013. São Paulo: IEA - Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=12649>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas. 703p. 2009.

VILPOUX, O. Desempenho dos arranjos institucionais e minimização dos custos de transação: transações entre produtores e fecculárias de mandioca. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, n.49, v.2, p.271-294. 2011.

WESSA, P. **Exponential Smoothing (v1.0.5) in Free Statistics Software (v1.1.23-r7)**. Office for Research Development and Education. 2013. Disponível em: <http://www.wessa.net/rwasp_exponentialsMOOTHING.wasp/>. Acesso em: 20 mar 2015.

5 ARTIGO B: PREVISÃO DE VENDA DE FECULA POR MEIO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS DE ANÁLISE ESTATÍSTICA APLICADAS A DADOS DE UMA AGROINDÚSTRIA

5.1 RESUMO E ABSTRACT

RESUMO: A instrumentação aplicada à agroindústria vem se mostrando extremamente importante para construção de modelos e realização de previsões de forma simples e rápida. O presente estudo objetivou a avaliação e tratamento estatístico de dados de 14 anos de vendas mensais realizadas pela fecularia, bem como a realização de uma previsão de demanda pelos vários métodos de Suavização Exponencial, com vistas a escolha do melhor método entre todos os testados. Observou-se correlação positiva entre o preço da fécula e a quantidade de fécula vendida, sendo possível a realização de uma regressão e ajuste de uma reta aos dados por meio do software Gretl v1.6.5. O add in NNQ do Microsoft® Excel, mostrou-se capaz de prever e ilustrar a sazonalidade de vendas da fécula. O melhor método entre todos os avaliados pelo software foi o modelo sazonal aditivo. Esse método realiza a correção dos erros de forma aditiva (A), não faz uso de tendência (N) e trata a sazonalidade de maneira aditiva (A) denominado pelo software de ANA, pois este apresentou os menores valores de erro de previsão e menor valor de AIC (Akaike Information Criterion). O estudo mostrou-se capaz de trazer para a agroindústria produtora de fécula de mandioca, uma possibilidade de conhecimento e previsão de seu futuro com base no seu funcionamento passado.

Palavras Chave: Modelos de Previsão. Agronegócio. Ferramentas Computacionais.

ABSTRACT: The instrumentation applied to agribusiness has become extremely important for building models and forecasting in a simple and quickly way. The present study aimed the evaluation and statistical treatment of data from 14 years of monthly sales carried out by the manufacturer, as well as the realization of a demand forecasting by the various methods of Exponential Smoothing, in order to the choose

the best method out of all tested. A positive correlation was observed between the price of cassava starch and the quantity of starch sold, making it possible to perform a regression and adjustment of a straight line to the data through the software Gretl v1.6.5. The Microsoft® Excel's add in NNQ, showed to be able to predict and illustrate the seasonality of starch sales. The best method, out of all tested by the software was the additive seasonal model. This method performs the correction of errors additively (A), does not make use of trend (N) and deals with the seasonality way additive (A) called ANA by the software, therefore this presented the lesser forecasts error and minor AIC (Akaike Information Criterion) values. The study showed that it is able to bring to the cassava starch industry, a possibility of knowledge and forecasting of its future based on its past performance.

Keywords: Forecasting Models. Agribusiness. Computational tools.

5.2 INTRODUÇÃO

Para realização de um bom planejamento e controle de produção (PCP) de qualquer agroindústria, uma boa previsão de demanda, tem sido extremamente importante, apresentando uma estreita relação com a manutenção de estoques adequados (TUBINO, 2007). Souza, Samohyl e Miranda (2008), explicam que existe a necessidade da realização de previsões constantes e que os softwares podem auxiliar nessa tarefa, por reduzir o tempo gasto com os cálculos e auxiliar a empresa em uma tomada mais rápida de decisão, o que por vezes é crucial na economia de tempo e recursos humanos, materiais e financeiros.

Sanders e Manrodt (2003), ao pesquisarem 240 empresas norte americanas, descobriram que a maior parte delas (48%), utilizam apenas planilhas para previsão e realizam suas próprias programações nessas planilhas, porém esses empresários confiam menos nas previsões encontradas e ajustam muito mais os resultados do que os empresários (10,8%), que utilizam softwares comerciais adquiridos prontos geralmente automáticos para a previsão. Observaram ainda que 9,8% dos entrevistados não realizam nenhum tipo de previsão e que a grande maioria busca no programa características tais como a simplicidade de uso do software,

apresentação de resultados de forma simples de interpretar ou mesmo apenas a geração de relatórios conclusivos.

Esse estudo objetivou utilizar ferramentas computacionais de avaliação estatística e previsão de demanda, para buscar uma previsão futura das vendas de fécula de mandioca, com base em dados históricos de vendas mensais de 14 anos da agroindústria. Buscou-se ainda, por meio dessas análises verificar a existência de tendência e sazonalidade nas vendas e avaliar a relação destas com as melhores épocas de colheita e com os preços médios do produto.

5.2.1 Amido, Aplicações e Contexto de Mercado

O amido, é produzido pelas plantas durante o processo de fotossíntese e serve para o armazenamento de energia nos vegetais. Os grânulos de amido de todas as plantas têm tamanho, forma, e marcações características da espécie de planta da qual é extraído (ISI, 2016). As plantas mais utilizadas como fontes de amido são o milho, a batata, o trigo, a mandioca e o arroz (AMIDO, 2013).

O amido presente na mandioca, legal e comercialmente conhecido como fécula de mandioca, de acordo com Edhirej et al. (2015), é composto por grãos ovalados, formado por macromoléculas de amilose e amilopectina e pode ser utilizado em diversos segmentos industriais, por conta das suas propriedades reológicas de gelatinização, solubilização e expansão.

Dentre os usos e aplicações industriais do amido Ellis et al (1998), citam aplicações na indústria de alimentos, tecidos, papel, adesivos, embalagens, perfuração de petróleo, mineração entre outros.

Por apresentar maior absorção de água, proporcionar maiores rendimentos e deixar os produtos mais macios a menores custos, a fécula de mandioca é a fonte amilácea principal utilizada na indústria frigorífica. Outro uso que cabe destacar para a fécula de mandioca é a substituição de 25% da farinha de trigo na produção de macarrão entre várias outras aplicações industriais (AMIDO, 2013).

Edhirej et al. (2015), explicam que o amido ou a fécula podem ser utilizados na forma nativa ou modificada física, química ou enzimaticamente, quando alguma

dessas modificações são aplicadas, suas propriedades são alteradas com vistas a tornar o produto adequado a um determinado uso industrial.

A fécula de mandioca modificada por processo de oxidação é muito utilizada pela indústria papelreira, pois este atinge o ponto de gelatinização em temperatura mais baixa que outros amidos, o que acelera o processo e gera uma economia de energia, tal produto apresenta ainda menor tendência à retrogradação, o que aumenta a vida útil do adesivo e evita falhas e descolamentos (HORNUNG et al., 2014).

Moorthy (2002), explica que o estudo de novas fontes nativas de amido ou de fécula podem desvendar produtos com propriedades semelhantes a amidos modificados, isso mostra particular importância para indústria alimentícia, fazendo com que a modificação não seja mais necessária e um produto natural possa ser utilizado ao invés do modificado, com maior praticidade de obtenção e economia.

Além da busca por novas plantas fornecedoras de amido ou fécula e dos processos de modificação, a mistura de diferentes tipos de amido vem sendo estudada e relatada como uma ótima forma de melhorar as propriedades individuais dos diversos amidos e féculas nativas, mantendo o produto natural e com as propriedades necessárias às mais diversas aplicações industriais (KARAMA et al. 2005).

Apesar de todos usos descritos para fécula de mandioca e de sua preferência em determinados setores industriais, de acordo com Felipe, Alves e Camargo (2010), a falta de um plano de gestão para aquisição da matéria prima e a predominância do mercado *spot* ou de aquisição de mandioca que aparece a pronta entrega pelas fecculárias, em quantidade superior a 70%, ocasiona forte sazonalidade de produção e de preços, isso conseqüentemente conduz a perda de competitividade da fécula de mandioca em relação aos produtos do mesmo segmento como o amido de milho, que apresenta preços mais estáveis por conta da predominância de compra do produto via contratos e das características do produto.

Além disso, de acordo com Cereda e Vilpoux (2002), pesa contra a mandioca a questão da dificuldade de armazenamento do produto pós colheita, sendo que a época a se colher que deve ser programada para que se possa obter melhores resultados, dificuldade essa que o milho não apresenta podendo ser armazenado sem maiores problemas. Sagrilo (2001), avaliando diversas cultivares de mandioca, colhidas com dois anos, em diferentes épocas de colheita, na região noroeste do

estado do Paraná, encontrou redução nos teores de amido ao longo dos meses de novembro e dezembro, o autor atribuiu tal fato ao processo de rebrota e crescimento vegetativo das plantas, sendo que a planta direcionou a reserva de amido de suas raízes à produção de novas folhas e hastes. Cabe destacar, que logo após a formação das folhas, a planta volta a acumular amido e que no final do segundo ano, tende a ter mais amido acumulado do que em no final do primeiro ano.

A construção de um plano de gestão de compra de raízes de mandioca pela agroindústria não é tarefa simples, pois a cultura de acordo com Benesi et al. (2008), apresenta redução de rendimento quando colhida muito cedo e formação de muitas fibras quando colhida muito tarde, as características desejáveis são mais presentes quando se colhe o produto entre 1 e 2 anos do plantio, além disso, outros fatores como a época de colheita, o clima e o genótipo também podem influenciar no desempenho e na qualidade do produto.

De acordo com Sagrilo, Filho e Pequeno (2002), a colheita da mandioca para produção de fécula, tradicionalmente tem se iniciado em Maio, se prolongando até os últimos meses do ano, percebe-se a ampliação desse período em algumas fecularias, mas a sazonalidade ocasionada pela época de colheita, por conta da queda das folhas e conseqüente acúmulo de matéria seca e aumento dos teores de amido nas raízes, tem levado à melhoria no preço pago pela agroindústria nesse período, ocasionando cada vez mais a concentração da pronta entrega de mandioca no período do inverno ou da seca dependendo do estado avaliado.

Lima, Ferreira e Ferreira (2012), explicam que um dos maiores problemas da cadeia produtiva está na instabilidade de produção no decorrer dos anos, pois os produtores não mantêm constância de área de plantio, daí decorre elevada variação de área cultivada de ano para ano. Isso faz com que em anos de grandes áreas de plantio provoque excesso de oferta de matéria-prima que geralmente forçam a queda dos preços, razão pela qual desmotiva os produtores a plantarem a cultura no próximo ano. Os autores ainda destacam que uma forma de redução desse problema seria exatamente a existência de contratos de compra entre agroindústria e produtores e oferecimento de certas garantias por parte da fecularia.

5.3 METODOLOGIA

A presente pesquisa apresentará uma abordagem quantitativa a qual se fundamenta em dados que posteriormente podem ser estatisticamente trabalhados (MARCONI; LAKATOS 2003, KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010). A natureza da presente pesquisa com base no que expõe Silva e Menezes (2005), será aplicada, pois envolve interesse localizado em uma empresa, visa gerar soluções para problemas específicos com uma aplicabilidade prática imediata como ferramenta de avaliação e controle para a agroindústria a ser estudada.

Os métodos de previsão de demanda são classificados em quantitativos e qualitativos, os primeiros são baseados em opiniões e julgamentos pessoais sendo, portanto mais subjetivos, cabe destacar que devido a sua simplicidade, tais métodos são muito utilizados pelas empresas. Já os métodos quantitativos, baseados em diversas técnicas estatísticas com maior ou menor complexidade, necessitam da existência de um banco de dados e exigem um maior grau de conhecimento sendo, por esse motivo, muitas vezes deixados de lado pelos gestores (LUSTOSA et al, 2008).

Esse estudo utilizou-se de diversos métodos quantitativos dentre eles os de Projeção por meio dos métodos de Suavização Exponencial, Projeção de Tendências e Decomposição, bem como a realização de estudos de correlação via Regressão Simples, destacados com contorno azul pontilhado na Figura 1.

Segundo Gil (2008), ela também pode se enquadrar como uma pesquisa documental por utilizar-se de dados existentes nos arquivos dos bancos de dados da empresa. Para concretização do estudo, dados referentes a 168 meses de demanda foram coletados diretamente do Banco de Dados da Agroindústria produtora de Fécula de mandioca.

A coleta foi referente a dados de demanda e valores médios pagos pelo produto de janeiro de 2002 até dezembro de 2015. Visando a privacidade empresarial, para que os dados reais do montante de vendas não fossem publicados, estes foram divididos por um valor constante de conhecimento apenas dos autores do presente artigo e da empresa em estudo.

Para a realização das análises, inicialmente os dados até agosto de 2015 foram avaliados por meio de testes de estatística descritiva, correlação e regressão,

realizado pelo software Gretl v1.6.5 (*Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library*).

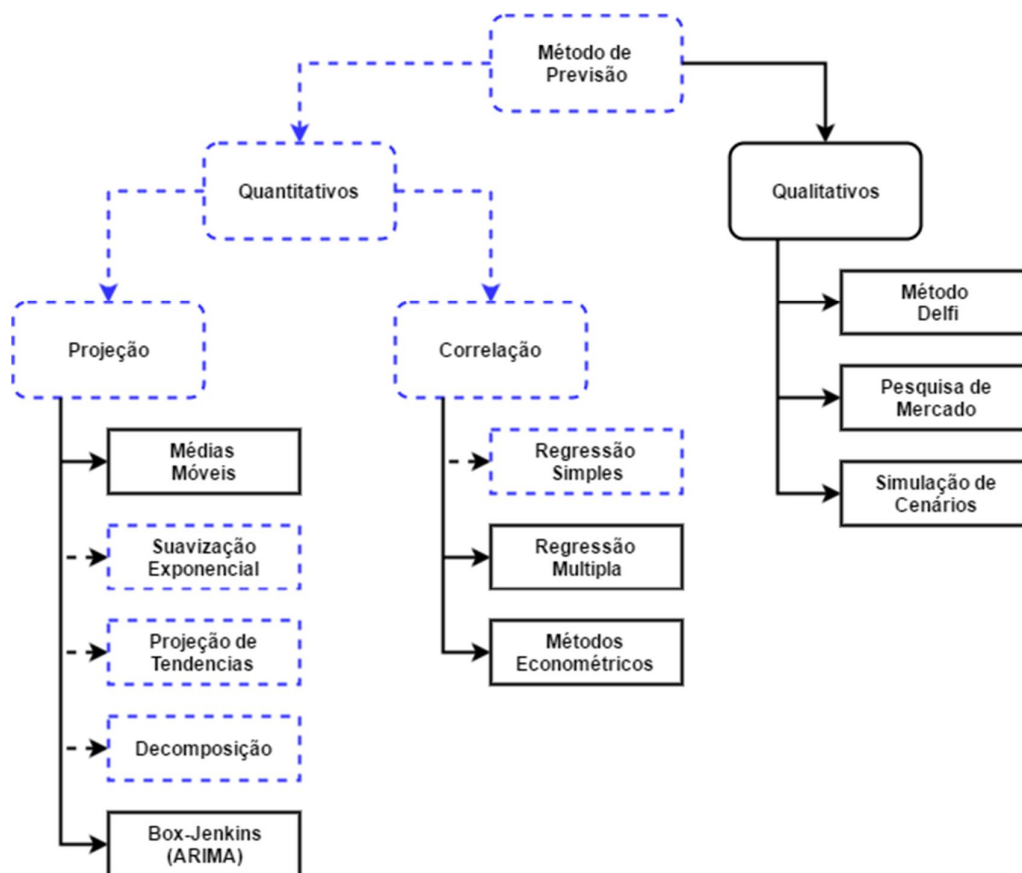


Figura 1 - Métodos de Previsão de Demanda mais conhecidos
Fonte: Adaptado de Lustosa et al. (2008).

Posteriormente os dados de 2002 até agosto de 2015 foram utilizados como dados de entrada para obtenção do melhor modelo de suavização exponencial e posterior comparação dos resultados previstos pelo modelo para os quatro meses do final do ano de 2015, com os reais coletados no banco de dados.

Os índices sazonais foram obtidos por decomposição dos dados e os diversos modelos de suavização exponencial possíveis foram gerados e testados por meio do software NNQ, um add in do Microsoft Excel®, disponibilizado gratuitamente por professores do Núcleo de Normalização e Qualimetria da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) sob a coordenação do professor Robert Wayne Samohyl.

O software permite a escolha da correção de erros de forma aditiva (A) ou multiplicativa (M) de acordo com a adequação aos dados o que nesse caso atribui a letra do método de correção, antes das demais que descrevem os modelos testados.

Os modelos de suavização testados pelo software envolvem a suavização

exponencial simples (NN), o método linear de Holt (AN), a suavização exponencial sem presença de tendência, mas com sazonalidade aditiva (NA) ou multiplicativa (MM), o método de tendência aditiva ou multiplicativa amortecida (AdM ou AdA), o método aditivo ou multiplicativo de Holt-Winters (AA ou AM).

Para um melhor entendimento da lógica dos modelos, encontra-se apresentada na Tabela 1 uma explicação matemática das equações que geralmente são aplicadas a cada um dos métodos de suavização exponencial existentes, bem como as equações utilizadas para previsão de acordo com HYNDMAN; ATHANASOPOULOS (2016).

Tabela 1 - Fórmulas para cálculos recursivos e previsões pontuais.

| Trend | N | Seasonal A | M |
|-------|--|--|---|
| N | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t$ $\ell_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)\ell_{t-1}$ | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t + s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)\ell_{t-1}$ $s_t = \gamma(y_t - \ell_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t/s_{t-m}) + (1 - \alpha)\ell_{t-1}$ $s_t = \gamma(y_t/\ell_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ |
| A | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t + hb_t$ $\ell_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1})$ $b_t = \beta^*(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}$ | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t + hb_t + s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1})$ $b_t = \beta^*(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}$ $s_t = \gamma(y_t - \ell_{t-1} - b_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ | $\hat{y}_{t+h t} = (\ell_t + hb_t)s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t/s_{t-m}) + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1})$ $b_t = \beta^*(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}$ $s_t = \gamma(y_t/(\ell_{t-1} + b_{t-1})) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ |
| Ad | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t + \phi_h b_t$ $\ell_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + \phi b_{t-1})$ $b_t = \beta^*(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)\phi b_{t-1}$ | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t + \phi_h b_t + s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + \phi b_{t-1})$ $b_t = \beta^*(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)\phi b_{t-1}$ $s_t = \gamma(y_t - \ell_{t-1} - \phi b_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ | $\hat{y}_{t+h t} = (\ell_t + \phi_h b_t)s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t/s_{t-m}) + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + \phi b_{t-1})$ $b_t = \beta^*(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)\phi b_{t-1}$ $s_t = \gamma(y_t/(\ell_{t-1} + \phi b_{t-1})) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ |
| M | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t b_t^h$ $\ell_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)\ell_{t-1} b_{t-1}$ $b_t = \beta^*(\ell_t/\ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}$ | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t b_t^h + s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)\ell_{t-1} b_{t-1}$ $b_t = \beta^*(\ell_t/\ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}$ $s_t = \gamma(y_t - \ell_{t-1} b_{t-1}) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t b_t^h s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t/s_{t-m}) + (1 - \alpha)\ell_{t-1} b_{t-1}$ $b_t = \beta^*(\ell_t/\ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}$ $s_t = \gamma(y_t/(\ell_{t-1} b_{t-1})) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ |
| Md | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t b_t^{\phi_h}$ $\ell_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)\ell_{t-1} b_{t-1}^{\phi}$ $b_t = \beta^*(\ell_t/\ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}^{\phi}$ | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t b_t^{\phi_h} + s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t - s_{t-m}) + (1 - \alpha)\ell_{t-1} b_{t-1}^{\phi}$ $b_t = \beta^*(\ell_t/\ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}^{\phi}$ $s_t = \gamma(y_t - \ell_{t-1} b_{t-1}^{\phi}) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ | $\hat{y}_{t+h t} = \ell_t b_t^{\phi_h} s_{t-m+h_m^+}$ $\ell_t = \alpha(y_t/s_{t-m}) + (1 - \alpha)\ell_{t-1} b_{t-1}^{\phi}$ $b_t = \beta^*(\ell_t/\ell_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}^{\phi}$ $s_t = \gamma(y_t/(\ell_{t-1} b_{t-1}^{\phi})) + (1 - \gamma)s_{t-m}$ |

Obs. Em cada caso, \hat{y}_t indica a previsão para um dado período e y_t o valor observado, t indica o nível de série no momento t , b_t indica a inclinação ou tendência, s_t denota a componente sazonal da série no momento t e m o número de dias, meses, semanas dependendo da série utilizada no procedimento de previsão; α , β^* , γ e ϕ são parâmetros de alisamento. As letras disponibilizadas no cabeçalho significam respectivamente N = nenhuma, A = Aditiva, Ad = Aditiva Amortecida, M = Multiplicativa e Md = Multiplicativa Amortecida para tendência e sazonalidade.

Fonte: Hyndman e Athanasopoulos, (2016).

A seguir, os melhores modelos foram identificados, os valores para quatro diferentes tipos de erros calculados pelo software (DM, DAM, RQDQM, DPAM), foram apresentados, bem como o coeficiente de autocorrelação desses erros (r_1) o qual se deseja que seja o mais próximo de zero possível. Foram apresentados apenas modelos com valor de U de Theil inferiores a 1,0 o que representa algum ganho em relação ao método ingênuo de previsão. A escolha final do melhor modelo foi feita com base no menor valor de AIC (*Akaike Information Criterion*).

Depois do modelo ser escolhido e a proximidade da previsão ser testada para

os quatro últimos meses de 2015, o modelo foi escolhido para uso e o software foi realimentado com os dados de janeiro de 2002 até dezembro de 2015, uma nova previsão foi obtida então para todo o ano de 2016, com vistas a disponibilizar uma previsão para o próximo ano.

Dessa forma as principais etapas seguidas neste estudo para se chegar até a realização da previsão foram elencadas e encontram-se descritas na Figura 2. Essas etapas podem ser descritas como necessárias à elaboração de qualquer estudo de previsão de demanda.

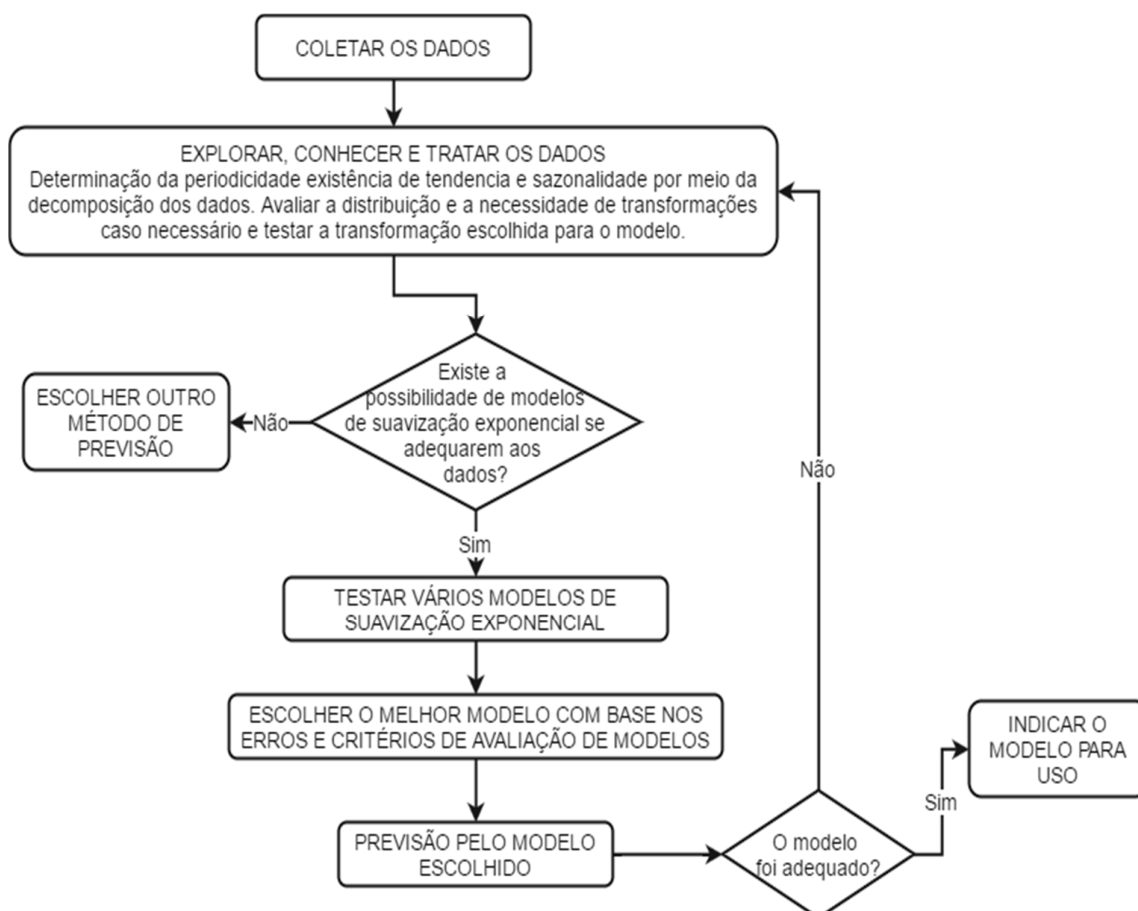


Figura 2 – Fluxograma com a descrição das principais etapas seguidas para o estudo e escolha do modelo mais adequado aos dados de vendas de fécula de mandioca da agroindústria.

5.4 RESULTADOS

Ao longo dos 14 anos estudados a média mensal do preço da tonelada da fécula de mandioca foi R\$ 1.220,42 com desvio padrão de R\$ 497,14, o valor

mínimo pago pela tonelada do produto ao longo dos anos estudados foi de R\$ 400,00 e o máximo de R\$ 2.940,00 sendo que os dados de preços médios apresentaram um coeficiente de variação de 40%.

Alves et al. (2006), destacam que preços superiores de fécula tendem a elevar o valor pago pelas raízes de mandioca, por conta da consequente busca pelo aumento na produção de fécula e que dessa forma as variações ocorrem de forma similar nos dois produtos. Os autores Santini, Oliveira e Pigatto (2010), ao estudarem as variações dos preços da mandioca tipo indústria também encontraram coeficiente de variação elevado, de 43,6%.

Essa elevada variação comumente encontrada ao se estudar os preços da mandioca e da fécula, pode ser justificada pelos fatos descritos por Vilpoux (2011), tais como os preços da mandioca na safra imediatamente anterior, por conta da elevação ou redução das novas áreas de plantio, bem como o preço de outros produtos como o milho e a soja e ainda as condições climáticas no Sul e principalmente no Nordeste do País.

Ao se agrupar as vendas da agroindústria estudada, ao longo dos anos e os comparar com os preços médios anuais, observou-se uma elevada correlação de 0,725. Foi possível realizar uma análise de regressão nos dados e observar um coeficiente de regressão de 0,524.

A análise de variância do modelo mostrou adequação da regressão conforme se pode observar na Tabela 2. A equação de regressão e a dispersão dos dados encontram-se na Figura 3. Os valores dos critérios de Akaike, Schwarz e Hannan-Quinn calculados pelo Grelt para esse modelo foram respectivamente 259,0745; 260,3526 e 258,9562. Observou-se ainda a normalidade dos erros.

Tabela 2 – Análise de Variância do modelo de regressão linear construído entre o preço e os valores em ton de fécula vendidos ao longo dos anos estudados.

| | GI | SQ | MQ | F | F de significação |
|-----------|-----------|-------------|-------------|----------|--------------------------|
| Regressão | 1 | 738919,0245 | 738919,0245 | 13,22662 | 0,003408 |
| Resíduo | 12 | 670392,6728 | 55866,05606 | | |
| Total | 13 | 1409311,697 | | | |

Esses dados mostraram que a empresa conseguiu apresentar uma tendência de vender mais nos anos onde o produto chegou a preços maiores. Cabe destacar que preços de venda superiores significam preços igualmente superiores da matéria prima, o que denota que o lucro bruto pode não ter sido alterado por conta das

maiores vendas em épocas de maiores preços, a não ser que o produto tenha ficado algum tempo em estoque.

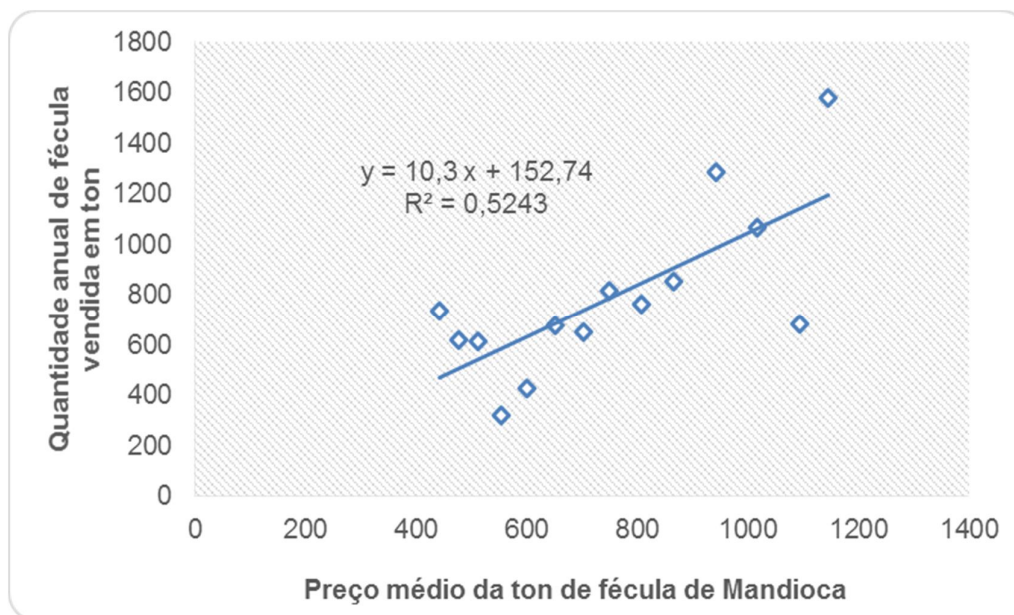


Figura 3 - Gráfico de dispersão dos valores de venda de ton de fécula.constante⁻¹ em relação ao preço médio obtido pelo produto.

A maior oferta de matéria prima em épocas onde o preço aumenta é explicada por Lima, Ferreira e Ferreira (2012), pois os agricultores aumentam as áreas de plantio incentivados pela alta nos preços e as reduzem em épocas nas quais os preços pagos pelo produto são reduzidos. Como a agroindústria prioriza o mercado *spot* sem a existência de contratos de compra de matéria prima isso tende a acontecer com elevada frequência, influenciada pela oscilação de produção de mandioca por parte dos produtores.

Nota-se ainda, com base nos dados avaliados, que a empresa apesar das oscilações sazonais, vem no geral apresentando uma leve tendência de crescimento nas vendas ao longo dos anos (Figura 4). Porém observou-se que a sazonalidade de produção de mandioca e conseqüentemente de fécula influenciaram muito mais nas movimentações que podem ser observadas no gráfico.

O menor valor de fécula de mandioca vendida em um mês, nos 14 anos avaliados foi de 19 toneladas e o máximo 202,2 toneladas a média mensal de vendas foi de 63,9 toneladas com um desvio padrão de 31 toneladas, sendo que o coeficiente de variação calculado foi de 48%.

Vilpoux (2011), explica que essas oscilações são ruins para as agroindústrias e trazem problemas para manutenção dos mercados conquistados em momentos de elevada disponibilidade do produto, mas acabam acontecendo por conta da predominância da aquisição de mandioca pelo modelo de mercado spot. Ele explica ainda que não é simples a tarefa de modificar essa situação aderindo ao modelo de contratos, pois os produtores por vezes descumprem os contratos, buscando melhores preços em outras agroindústrias em sua região.

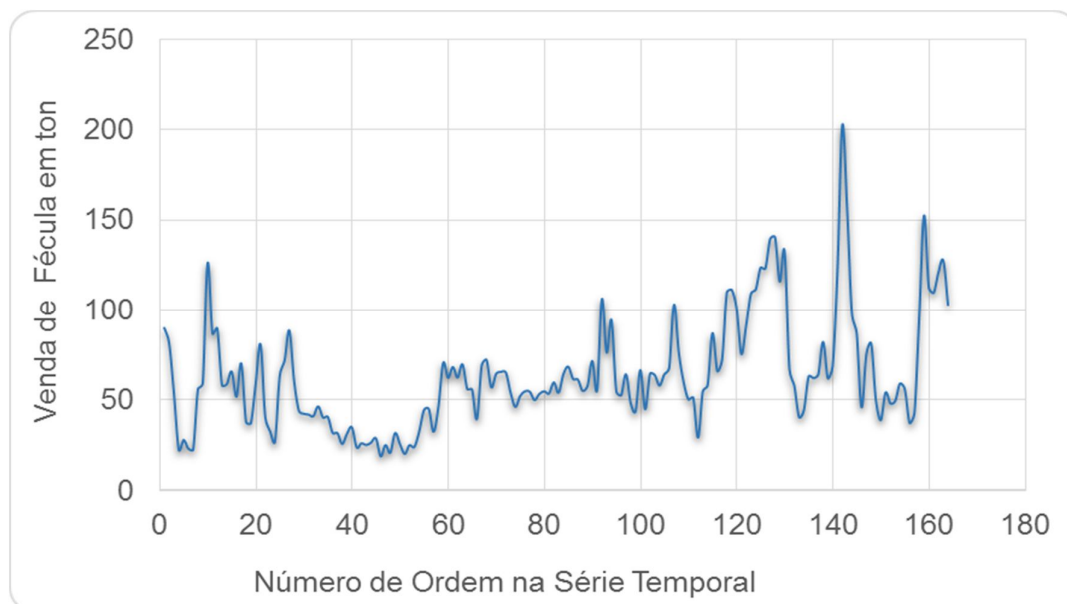


Figura 4 – Quantidades mensais de fécula de mandioca em toneladas, vendidas ao longo dos últimos 14 anos.

Ao se observar o diagrama de frequências apresentado pelos dados de vendas de fécula de mandioca ao longo dos anos estudados, observou-se que a mesma não se adequou a distribuição normal (Figura 5). Grande parte dos dados situaram-se nos valores menores, isso pode ser explicado pela empresa ter trabalhado pela maior parte do tempo estudado com quantidades de venda menores e estar apenas há alguns anos ampliando o seu patamar de produção.

Para minimizar problemas como falta de normalidade dos dados, problemas na distribuição dos resíduos resultantes dos modelos, ou necessidade de estabilização da variância, Sousa (2011) e Pereira e Cordeiro (2010), explicam que uma das transformações pode ser necessária, citam ainda que uma das mais tradicionais é a aplicação de log aos dados antes da realização das análises.

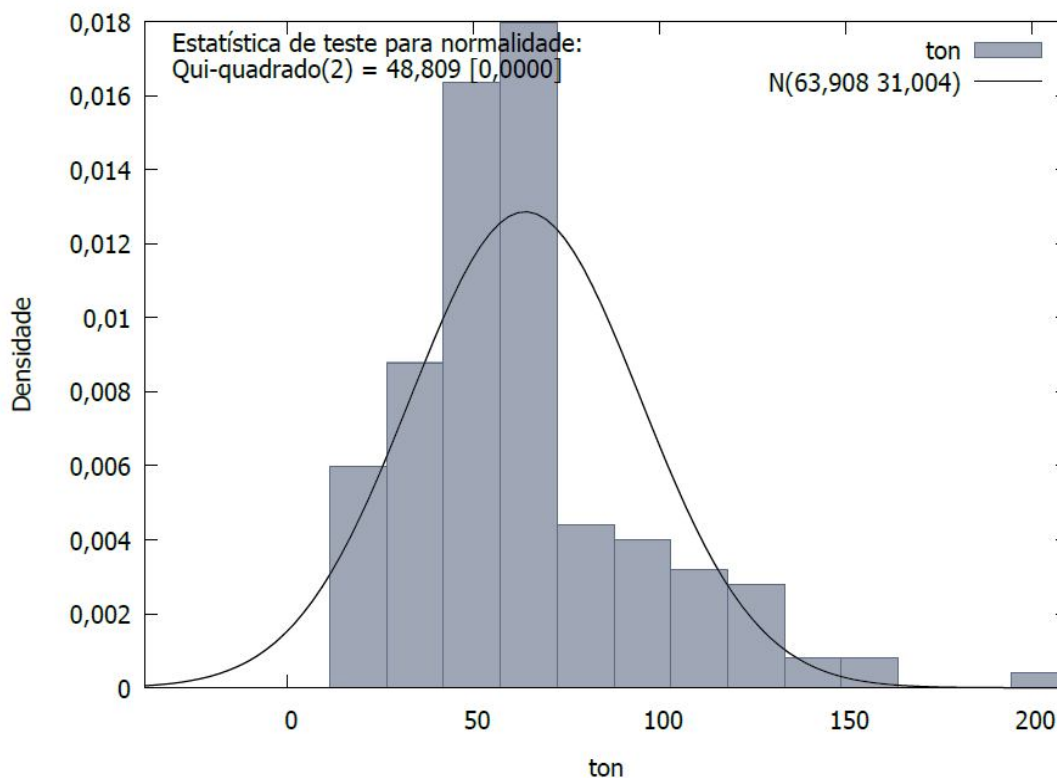


Figura 5 – Histograma dos dados de vendas em toneladas de fécula de mandioca ao longo dos 14 anos estudados.

Dessa forma para buscar a normalização dos dados e melhorar a qualidade dos resultados da análise de suavização exponencial foi aplicada uma transformação logarítmica aos dados. Isso foi suficiente para tornar a distribuição dos valores da série normais (Figura 6) de acordo com o teste de Doornik-Hansen = 0,274569, com p-valor 0,871722 sendo que a hipótese nula desses testes é que os dados provêm de uma distribuição normal, contra a alternativa de que os dados não provêm de uma distribuição normal e reduzir a variância.

A seguir os dados transformados foram analisados por meio dos diversos modelos possíveis de suavização exponencial, com auxílio do software NNQ.

Todos os valores de U de Theil dos modelos apresentados na Tabela 3 foram inferiores a 1,0. Os demais valores para os quatro tipos de erros e para r1 (autocorrelação), houve muita proximidade e adequação, pois, os erros foram pequenos e a autocorrelação ficou próxima de zero para todos os modelos avaliados. Dessa forma utilizou o menor valor do critério de Akaike 179,368 para escolha do modelo ANA para aplicação aos dados.

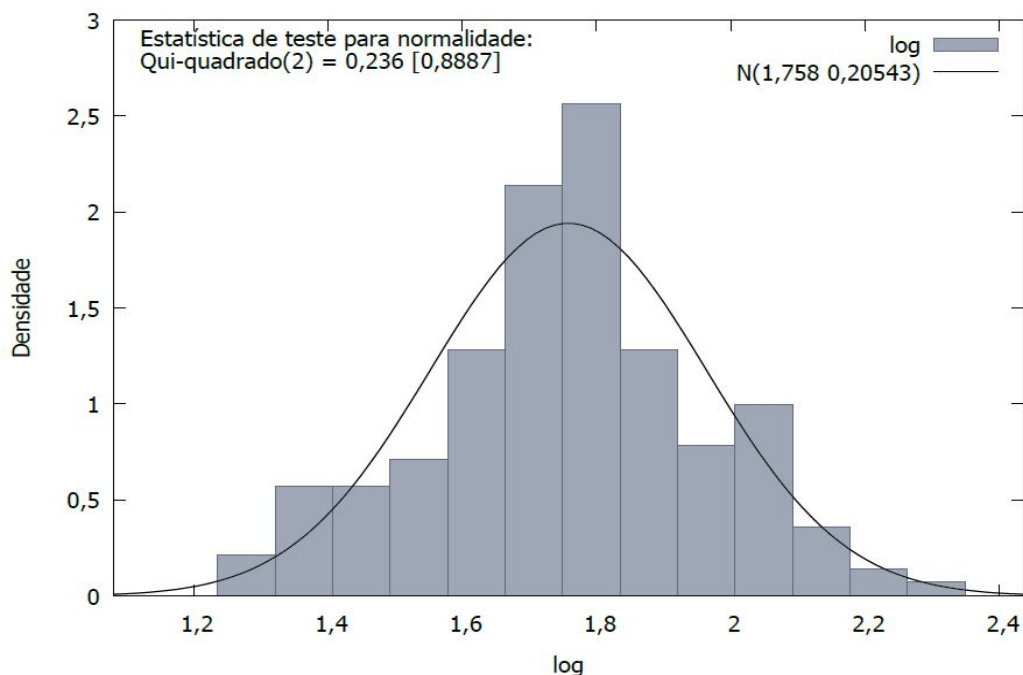


Figura 6 – Histograma dos valores dos logaritmos dos dados de vendas em toneladas de fécula de mandioca ao longo dos 14 anos estudados.

Tabela 3 – Valores calculados para quatro tipos de erros, coeficiente de autocorrelação e critério de Akaike.

| Métodos | DM | DAM | RQDQM | DPAM | r1 | AIC |
|---------|----------------------|-------|-------|-------|-------|---------|
| ANA | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,093 | 0,124 | 3,39% | 0,013 | 179,368 |
| MNA | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,094 | 0,124 | 3,41% | 0,036 | 183,295 |
| AAA | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,093 | 0,124 | 3,40% | 0,013 | 184,894 |
| MAA | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,094 | 0,125 | 3,44% | 0,035 | 188,856 |
| AAdA | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,093 | 0,123 | 3,37% | 0,016 | 182,914 |
| MAdA | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,093 | 0,123 | 3,39% | 0,035 | 188,215 |
| MNM | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,093 | 0,124 | 3,38% | 0,037 | 184,517 |
| MAM | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,093 | 0,125 | 3,41% | 0,036 | 190,092 |
| MAdM | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,092 | 0,123 | 3,36% | 0,035 | 189,461 |
| MMM | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,093 | 0,125 | 3,40% | 0,036 | 190,107 |
| MMdM | 4,37E ⁻⁰⁴ | 0,092 | 0,123 | 3,36% | 0,035 | 188,932 |

Obs. As siglas indicam os vários métodos utilizados pelo software para realização da escolha do melhor método, sendo que a explicação do que cada uma delas significa encontra-se no material e métodos deste trabalho.

O modelo ANA, indica que foi realizada uma correção aditiva nos erros, uma sazonalidade também aditiva e nenhuma tendência, se enquadrando, portanto, como um modelo sazonal aditivo, sendo que as fórmulas particulares para esse modelo se encontram apresentadas na Tabela 1 primeira linha e segunda coluna. Para alimentar tais fórmulas são necessários os índices sazonais aditivos mensais

apresentados na Tabela 4, e os valores das constantes de nível ou média ajustada sazonalmente $\alpha = 0,83$ e de sazonalidade $\gamma = 0,01$.

Tabela 4 – Índices sazonais aditivos que devem ser aplicados para as previsões.

| Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|
| -0,02 | -0,05 | -0,01 | -0,03 | -0,04 | -0,04 | -0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,09 | 0,05 | -0,02 |

Utilizando-se esse modelo para previsão dos últimos quatro meses do ano de 2015 os valores encontrados foram os ilustrados na Figura 7. Observou-se a normalidade dos resíduos.

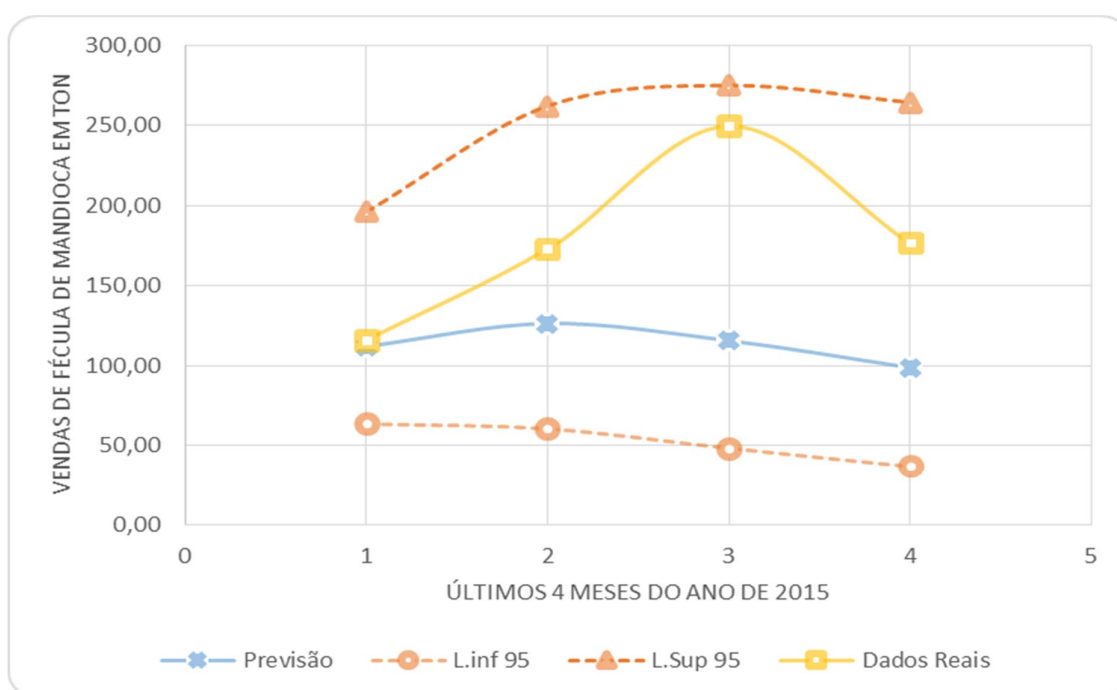


Figura 7 – Valores Reais e Previsto com seus limites de 95% de confiança apresentados para os quatro últimos meses do ano de 2015.

Os dados reais observados para os quatro meses ficaram dentro dos limites de confiança de 95% calculados, sendo que para o primeiro mês a previsão mostrou-se mais próxima do valor real, isso é normal pois quanto maior o tempo de previsão maiores as chances de erros na previsão, sendo que por esse motivo é comum que os limites de confiança se alarguem conforme o horizonte de previsão aumenta.

Cabe destacar que de acordo com o Ministério da Agricultura (MAPA, 2015), a Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), na metade final do ano de 2015 foi autorizada para compra de farinha e fécula, na modalidade AGF (Aquisições do Governo Federal), instrumento da Política de Garantia de Preços Mínimos – PGPM,

utilizado quando o valor de mercado está abaixo do preço mínimo estabelecido para a safra. Esse processo ocorreu até o dia 31 de dezembro de 2015 e liberou a compra de 90 ton por produtor que entrega o produto na agroindústria, tal fato pode ter contribuído para o distanciamento dos valores reais vendidos nos meses de outubro e novembro dos previstos pela modelagem quantitativa.

Esse tipo de ação ocorre frequentemente na economia e deve sempre ser levado em conta o que nos mostra que nenhuma previsão deve ser utilizada de forma excludente, devemos sempre ter em mente a necessidade de acompanhamento do mercado, avaliação de opinião de especialistas e reanálise das previsões sempre que possível ou necessário com vistas a realizar as adequações indispensáveis.

De acordo com Pellegrini e Fogliatto (2001), a resistência ao uso de modelos de previsão por parte das empresas, se reduz quando os dados reais vão sendo comparados com os dados previstos e a proximidade é observada. Para que se possa chegar a valores mais próximos e limites de confiança mais estreitos deve-se fazer mensalmente novas previsões.

Na Figura 8 pode-se observar a previsão realizada pelo software por meio do método ANA escolhido como o melhor método para os dados avaliados nesse estudo.

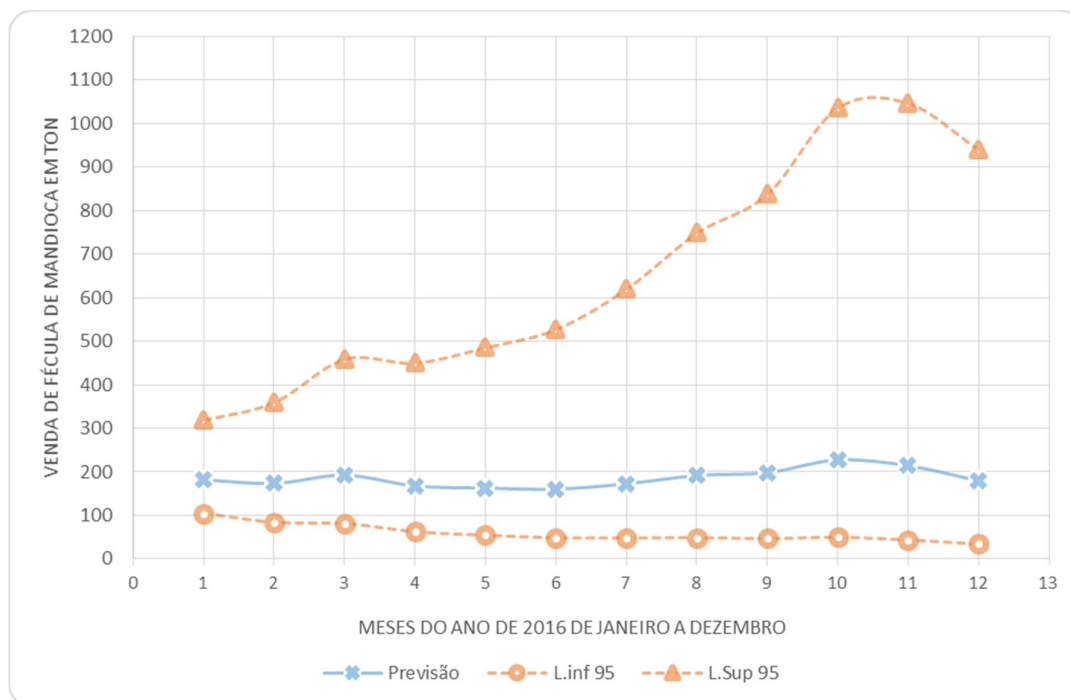


Figura 8 – Valores previstos e limites de confiança para a previsão ao longo do ano de 2016, com base no modelo ANA.

É indispensável frisar que a previsão com base na Suavização Exponencial atribui pesos maiores aos últimos valores de vendas reais, dessa forma é importante destacar que no presente momento as vendas dos meses de outubro e principalmente novembro repassaram para o modelo uma informação de aumento que não tenderá a se repetir nos próximos anos, pois este foi ocasionado pela compra esporádica, realizada pelo Governo Federal. A última compra realizada pela Conab antes de 2015 tinha sido no ano de 2002, segundo informações do Ministério da Agricultura (MAPA, 2015).

Portanto, por conta da alteração anormal embutida nos dados reais, é possível que as vendas do ano de 2016 fiquem abaixo do previsto pelo modelo, tendendo a se aproximarem mais dos limites inferiores de previsão, por causa da proximidade daqueles valores que sofreram essa alteração positiva anormal. Com o passar dos meses o peso dessa alteração anormal irá se reduzindo e a previsão voltará a se aproximar mais dos reais valores de venda.

5.5 CONCLUSÃO

Estudos quantitativos são muito importantes com vista a realização de previsões futuras com base em dados passados, mas a avaliação do contexto político e econômico não pode ser ignorado nas previsões.

Para a realização de previsões mais confiáveis faz-se importante a realização de novas previsões a cada tempo o que torna as ferramentas computacionais indispensáveis tendo em vista a complexidade dos cálculos e da necessidade de que os mesmos sejam realizados várias vezes em intervalos curtos de tempo.

Os softwares mostram-se capazes de realizar as análises estatísticas necessárias e depois deste estudo que indicou como um tratamento estatístico eficiente dos dados brutos por meio da transformação logarítmica e o ANA como o melhor modelo de suavização exponencial para análise e previsão a agilidade de

modelagem futura ficará mais simples e rápida e poderá ser feita em planilha programada de forma simples e rápida.

REFERENCIAS

ALVES, L. R. A.; CARDOSO, C. E. L.; FELIPE, F. I.; CAMPION, M. T. Causalidade e Transmissão entre os Preços de Mandioca, Trigo, Milho e Seus Derivados no Paraná. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v.4, n. 3, 2006.

AMIDO: Fontes, Tipos e Propriedades. **Aditivos e Ingredientes**. São Paulo, ed.98, 2013. Disponível em:
http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/568.pdf. Acesso em: 23 fev. 2016.

BENESI, I. R. M.; LABUSCHAGNE, M. T.; HERSELMAN, L.; MAHUNGU, N. M.; SAKA, J. K. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. **Euphytica**, Wageningen, v.160, p.59–74, 2008. DOI 10.1007/s10681-007-9589-x.

BURNHAM, K. P.; D. R. ANDERSON. **Model Selection and Multimodel Inference: a practical information-theoretic approach**, 2ed. Springer-Verlag: New York, 2002.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Capítulo 1 - Conservação de raízes. p.13-29. In: CEREDA, M. P. (Org.). **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 711p. (CULTURAS DE TUBEROSAS AMILÁCEAS LATINO AMERICANAS).

EDHIREJ, A.; SAPUAN, S. M; JAWAID, M.; ZAHARI, N. I. Cassava: Its Polymer, Fiber, Composite, and Application. **Polymer Composites**, 2015. Society of Plastics Engineers. Published online in Wiley Online Library, Weinheim.

ELLIS, R. P.; COCHRANE, M P.; DALE, M. F. B.; DUFFUS, C. M.; LYNN, A.; MORRISON, I. M.; PRENTICE, R. D. M.; SWANSTON, J. S.; TILLER, S. A. Starch production and industrial use. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.77, n.3, pp.289-311, 1998. Published online in Wiley Online Library, Weinheim.

FELIPE, F. I.; ALVES, L. R. A.; CAMARGO, S. G. C. Panorama e Perspectivas Para a Indústria de Fécula de Mandioca no Brasil. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Botucatu, v.6, p.134-146, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo, Atlas, 2008.

GRET. **Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library**. Software Livre: Versão 1.10.1, 2015. Disponível em: <<http://gretl.sourceforge.net/pt.html>>. Acesso em: 02 set. 2015.

HORNUNG, P. S.; LAZZAROTTO, S. R. S.; SCHNITZLER, E.; LAZZAROTTO, M. **Estudo da gelatinização do amido modificado de mandioca: potencial matéria-prima para a indústria papelreira**. Comunicado Técnico, 344. Colombo, EMBRAPA, 2014.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**. Texts Online, OPEN-ACCESS TEXTBOOKS. 2016. Disponível em: <<https://www.otexts.org/fpp>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

ISI. Internacional Starch Institute. **Amido**. Disponível em: <http://www.starch.dk/isi/starch/starch.asp>. Acesso em: 01 fev. 2016.

KARAMA; L. B.; GROSSMANN, M. V. E; SILVA, R. S. S. F.; FERRERO, C. ZARITZKY, NOEMI E. Gel Textural Characteristics of Corn, Cassava and Yam Starch Blends: A Mixture Surface Response Methodology Approach. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.57, p.62-70, 2005.

KAUARK, F.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C.H. **Metodologia da pesquisa: guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010. 88p.

LIMA, E. J. DE; FERREIRA, A. L.; FERREIRA, M. A. **Sazonalidade da demanda da produção de mandioca e seu impacto na produção industrial**. In: Ferreira, M. A.; Ferreira, A. L.; Dalto, J. L.; Oliveira, R. (Org). Práticas de gestão de produção e operações. Londrina: Universal, 2012. 346 p.

MARCONI; M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MOORTHY, S. N. Physicochemical and Functional Properties

of Tropical Tuber Starches: A Review. **Starch/Stärke**, Weinheim, v.54, p. 559–592, 2002.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Governo autoriza compra de farinha e fécula de mandioca.** Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/noticias/2015/07/governo-autoriza-compra-de-farinha-e-fecula-de-mandioca>. Acesso em: 10 jan. 2016.

PELLEGRINI, F. R.; FOGLIATTO, F. S. Passos para implantação de sistemas de previsão de demanda: técnicas e estudo de caso. **Produção**, São Paulo, v.11, n.1, p.43-64, jun. 2001.

PEREIRA, M. V.; CORDEIRO, S. F. **Uma Aplicação de Séries Temporais em Dados de Consumo de Papel em Indústrias Gráficas.** TCC - Trabalho de Conclusão do Curso de Estatística da Universidade Federal do Paraná, 2010.

SAGRILO, E. Produtividade de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*, Cratz) em diferentes épocas de colheita no segundo ciclo vegetativo. Maringá: 2001. 136p. **Dissertação.** Mestrado em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. 2001.

SAGRILO, E.; FILHO, P. S. V.; PEQUENO, M. G. **Capítulo 18 – Épocas de colheita de parte aérea e de raízes tuberosas de mandioca.** In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, v.2 2002. 540p. (CULTURAS DE TUBEROSAS AMILÁCEAS LATINO AMERICANAS).

SANDERS, Nada R.; MANRODT, Karl B. Forecasting software in practice: Use, satisfaction, and performance. **Interfaces**, Maryland, v. 33, n. 5, p. 90-93, 2003.

SANTINI, G. A.; OLIVEIRA, S. C.; PIGATTO, G. Análise da Relação das Variáveis Preço e Produção da Mandioca Tipo Indústria no Estado de São Paulo, 1996 a 2008. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.40, n.3, mar. 2010.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 4.ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2005.

SOUSA, A. P. de. **Análise Comparativa da Previsão de Séries Temporais Através da Modelagem Holt Winters e Arima para Preço do Etanol em Goiás.** In: XXXI ENENGE - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.

SOUZA, G. P.; SAMOHYL, R. W.; MIRANDA, R. **Métodos Simplificados em Previsão Empresarial**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção**: Teoria e Prática. São Paulo: Atlas, 2007.

VILPOUX, Olivier. Desempenho dos arranjos institucionais e minimização dos custos de transação: transações entre produtores e fecculárias de mandioca. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 49, n. 2, p. 271 - 294, jun. 2011.

6 ARTIGO C: SIMULAÇÃO DA DINAMICA OPERACIONAL DA RECEPÇÃO DE MANDIOCA EM UMA FECULARIA DO OESTE DO PARANÁ

6.1 RESUMO E ABSTRACT

RESUMO: O objetivo do estudo foi a simulação de um cenário de recepção de raízes de mandioca em uma fecularia localizada na região oeste do Paraná. Definiu-se quatro variáveis para as quais os tempos de processo foram coletados ao longo dos meses de pico de safra, junho e julho por dois anos consecutivos. Realizou-se a coleta dos tempos e a simulação foi realizada por meio do software Arena[®], versão *Student*, sendo que o processo simulado foi validado por dados coletados do sistema real e possibilitou a avaliação de situações diferenciadas com vistas a eliminação do gargalo encontrado no processo de descarga do produto. A ampliação por meio da duplicação da estação de descarga foi capaz de reduzir a média do tempo de descarga de 51,81 minutos para 35,31 minutos, mas os custos de compra e instalação de equipamentos deve ser levado em conta e avaliada a viabilidade desta ação. Outras alternativas de redução dos problemas gerados pelo gargalo no sistema ainda foram discutidas.

Palavras Chave: *Manihot esculenta*; Arena[®]; Ferramentas Computacionais.

ABSTRACT: The aim of the study was to simulate a scenario of receiving cassava roots in a starch manufacturer located in the western region of Paraná. It was set up four variables for which the process time has been collected over the months of peak season, June and July for two consecutive years. It was held the collection of time and the simulation was performed using the software Arena[®], Student version, and the simulated process was validated by data collected from the real system and made possible the evaluation of different situations in order to eliminate the bottleneck found in product discharge process. The discharge station was duplicated, consequently, it was able to reduce the average discharge time of 51.81 minutes to 35.31 minutes, but the costs of purchasing and installing the equipment should be

considered and the feasibility of this action should be evaluated. Other alternatives for the reduction of bottlenecks in the system were also discussed.

Keywords: *Manihot esculenta*; Arena®; Computational tools.

6.2 INTRODUÇÃO

No Brasil a cultura da Mandioca apresenta ampla notoriedade e abrangência por conta de sua rusticidade e vasta aplicação, desde finalidades alimentícias para animais e humanos, quanto como insumo para as indústrias de vários setores (FELIPE; ALVES; CAMARGO, 2010). De acordo com Mattos, Farias e Filho (2006), o produto derivado de mandioca mais exportado pelo Brasil é a fécula.

Silva, Assumpção e Vegro (2000), explicam que o mercado de amidos tem se mostrado cada vez mais um mercado industrial, apresentando elevada demanda como insumo para indústrias têxteis, químicas, farmacêuticas entre outras.

Felipe, Alves e Camargo (2010), explicam que para elevar os níveis de competitividade do produto brasileiro no mercado internacional, existe a necessidade de ampliação das pesquisas, principalmente na área agrônômica e na gestão da matéria prima até a industrialização; enquanto que segundo os mesmos autores, o processo de industrialização e produção de derivados em nosso país apresenta boas vantagens competitivas.

A mandioca apresenta tores de amido superiores nos meses mais próximos ao meio do ano, sendo que, o rendimento faz com que os produtores concentrem o período da colheita, isso acaba acarretando uma sobrecarga na entrega da matéria prima nessa época do ano, sendo que tal fato, aliado ao problema da rápida degradação das raízes após a colheita, acaba ocasionando um gargalo no setor de recebimento de mandioca da agroindústria, desta forma, ao longo dos meses preferidos para colheita a agroindústria permanece com longas filas de caminhões que buscam entregar a mandioca colhida (SAGRILO; FILHO; PEQUENO, 2002).

O estudo de filas, pode ser feito por meio da chamada teoria das filas, ela é particularmente útil para prever o comportamento de sistemas que fornecem serviços com uma demanda aleatória, por meio da modelagem desses sistemas com

base em distribuições estatísticas. Seus resultados podem ser aplicados às operações de produção, tais como tempos de processo e ciclos de processamento. Para tanto se utiliza de parâmetros de entrada, a saber taxas de chegada e de serviço, descritas pelo modelo de previsão das filas, essa técnica é capaz de unir eficácia e eficiência na descrição de processos, prevendo a probabilidade de chegada de clientes no sistema e a capacidade de atendimento dentro do processo (ZAVANELLA et al., 2015).

O uso de modelos virtuais, baseados na teoria das filas, tem se mostrado muito interessante, pois podem ser desenvolvidos por meio de programas, um dos *softwares* mais conhecidos que possui essa capacidade é o Arena[®]. Os modelos são capazes de detectar potencialidades de melhorias e pontos fracos do processo, são elaborados com base no sistema real, fornecem a possibilidade de se prever mudanças, que podem ocorrer no sistema real de produção, caso as especificações sejam alteradas. Por essas razões os modelos virtuais são capazes de suprir a necessidade de um planejamento de produção e podem ser aplicados no acompanhamento de linhas de produção industriais (HECKER; HUSSEIN; BECKER, 2010).

Chen, Yang e Tai (2016), explicam que o Fluxograma construído pelo Arena[®] facilita o entendimento do modelo e a diferenciação visual dos módulos de processo e de transporte. O *software* permite determinações baseadas em condições, por exemplo, para determinar se recursos estão disponíveis dentro do sistema, o valor deve ser maior que zero. Um módulo de processo especifica quais recursos são necessários para produção de cada componente e o respectivo período de fabricação. Um certo montante de tempo e recursos são requeridos para cada procedimento dentro da unidade de produção.

Vilaplana et al. (2014), explicam que ao dimensionar um sistema, dependendo dos tipos de gargalos encontrados, o modelo pode fornecer a melhor opção para garantir a qualidade e desempenho do serviço em relação aos tempos de espera e de atendimento.

Dessa forma um conjunto de dados reais podem ser coletados e utilizados na construção dos modelos e por meio de funções de relacionamento o processo poderá ser simulado. No Arena[®] existem funções para os módulos, recursos, filas e variáveis. Na interface do Arena[®], deve-se criar cada atividade dentro do módulo correspondente, sendo que o usuário precisa entrar com todos os parâmetros

necessários tais como duração de cada atividade para iniciar a simulação e o resultado deve ser gravado. Pode-se ainda selecionar as atividades desejadas para um modelo ou criar modelos múltiplos (CHEN; YANG; TAI, 2016).

Diante do exposto o objetivo do presente estudo foi a simulação da dinâmica operacional de chegada e atendimento de caminhões de mandioca na recepção e descarga das matérias primas em uma fecularia com o auxílio do *software Arena[®] Student*.

6.3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado em uma Fecularia com capacidade produtiva de aproximadamente 100 ton ao dia. O processo de produção de fécula se inicia pelo recebimento das raízes que será objeto de estudo deste trabalho.

O processo recebimento da matéria prima (Figura 1) é realizado em etapas, onde inicialmente os caminhões ficam dispostos em filas no pátio externo da empresa, construídas em ordem de chegada, por meio de anotação em planilha manuscrita, preenchida com data, placa e hora de chegada.

Quando necessário aguardam o tempo de espera no pátio externo, sendo na sequência direcionados a uma balança, onde seu peso bruto é anotado de forma informatizada, essa entrada pode ser realizada para 1 até no máximo 6 caminhões por chamada, dependendo do tamanho da fila interna formada para descarga e do volume disponível na moega de descarga. Após a pesagem de entrada, os veículos são direcionados à fila do equipamento de descarga, que se constitui por um tombador mecânico.

Logo após a descarga um a um os caminhões são direcionados a um local onde coletam a terra residual proveniente da sua carga de mandioca, depois da coleta realizam uma pesagem de saída, para obtenção do peso do veículo adicionado da terra, esse valor entra no sistema informatizado da agroindústria como tara do peso do caminhão e pela diferença entre peso de entrada e de saída a empresa obtêm o peso líquido da carga.

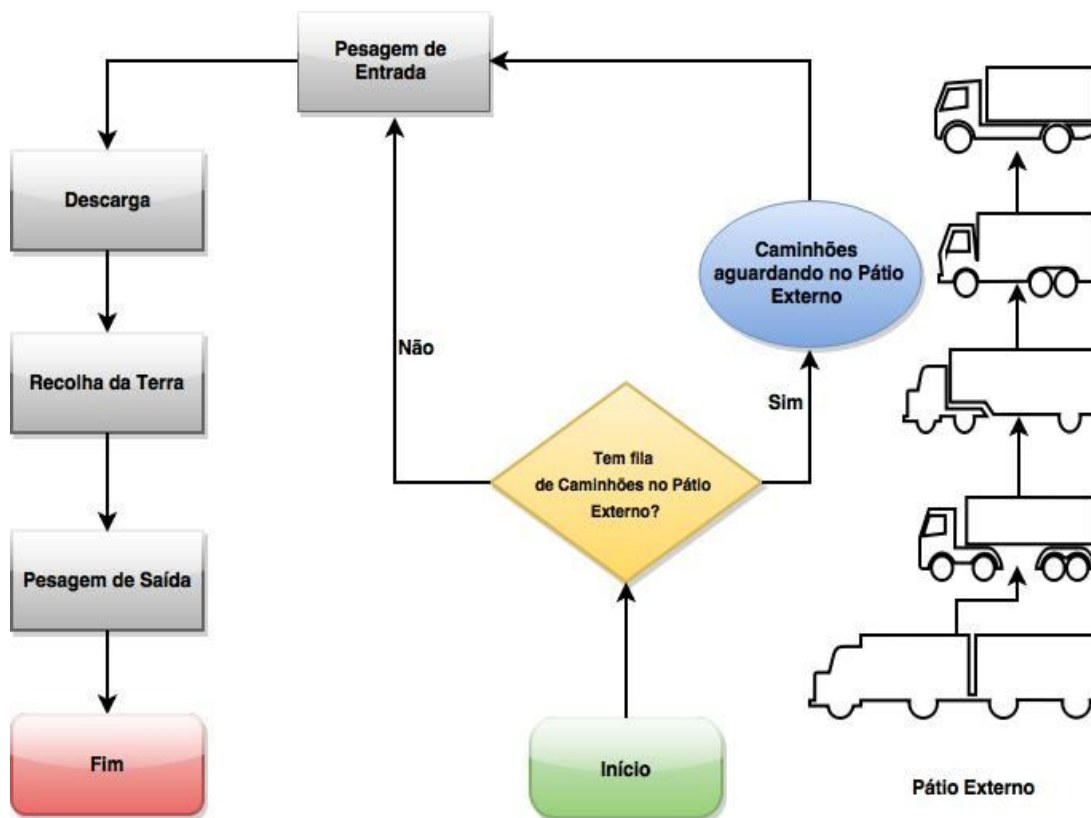


Figura 1 - Fluxograma do Processo de Recebimento de Mandioca na Agroindústria Ilustrando os Processos Acompanhados ao Longo do Estudo.
 Fonte: Autoria Própria, (2015).

A Figura 2 resume a sequência de processos para a produção de fécula, sendo que após a armazenagem da matéria prima, antes da entrada no processo produtivo a terra precisa ser removida, na empresa onde o estudo foi realizado a remoção da terra é realizada antes da estocagem na moega de armazenamento.

Ao entrar na indústria inicialmente as raízes são lavadas, picadas e posteriormente trituradas, passam por baterias de peneiras cônicas conhecidas como extratores GL, onde a polpa grossa é removida. O leite de amido segue no processo para sua purificação e após purificado é concentrado no filtro a vácuo e conduzido para secagem com ar quente em contracorrente, sendo que após passar por processo de resfriamento está pronto para ser embalado.

A abordagem do estudo pode ser descrita como quantitativa de acordo com Marconi e Lakatos (2003), pois ela se utilizará de dados numéricos de tempos de processos ao longo da recepção de matéria prima da feccularia, os quais posteriormente serão trabalhados por meio de técnicas estatísticas.

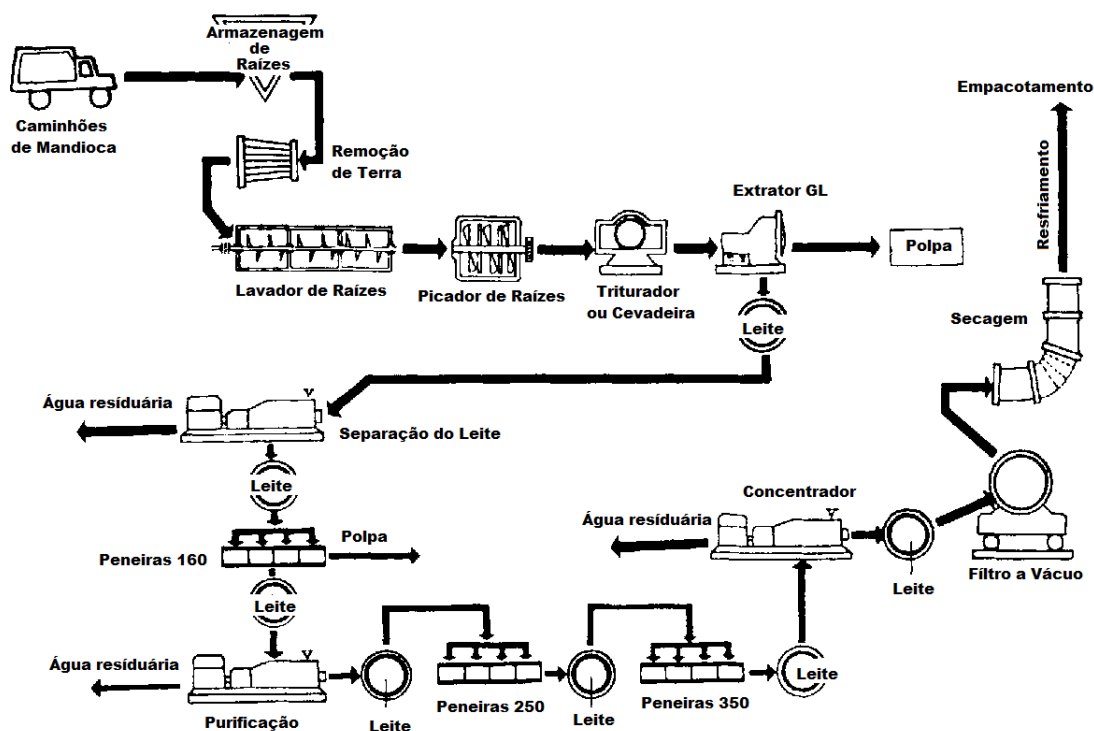


Figura 2. Diagrama de fluxo de operações de uma fecularia.
Fonte: adaptado de FAO, (2016).

A natureza da presente pesquisa com base no que expõe Silva e Menezes (2005), será aplicada, pois o estudo desenvolvido, apesar de servir para qualquer fecularia, é de interesse especial da empresa acompanhada, está direcionada ao estudo de um problema específico, que é a formação sazonal de filas na entrega da matéria prima e seus resultados terão uma aplicabilidade prática imediata, como ferramenta de avaliação e controle para a agroindústria a ser estudada.

Segundo Gil (2008), uma pesquisa explicativa pode fazer uso do método observacional, a qual neste estudo estará relacionada à observação que será realizada por meio da cronometragem de tempos ao longo do processo de recebimento de matéria prima, dessa forma os objetivos do estudo podem ser classificados como explicativos.

A pesquisa, no que diz respeito à simulação, envolverá procedimentos metodológicos que a caracterizarão como uma pesquisa operacional, a qual de acordo com Frigeri, Bianchi e Backers (2007), preocupa-se com o estudo das operações e sua execução, envolvendo modelos consagrados como a teoria das

filas, diagramas de árvores de decisão, teoria dos jogos, programação linear, programação de metas e programação não-linear.

Cardoso (2011), complementa explicando que a pesquisa operacional além das áreas anteriormente citadas, envolve ainda análises estatísticas, simulação e gestão de estoques. As fases de desenvolvimento de uma pesquisa operacional de acordo com a explicação desse autor podem ser visualizadas na Figura 3.

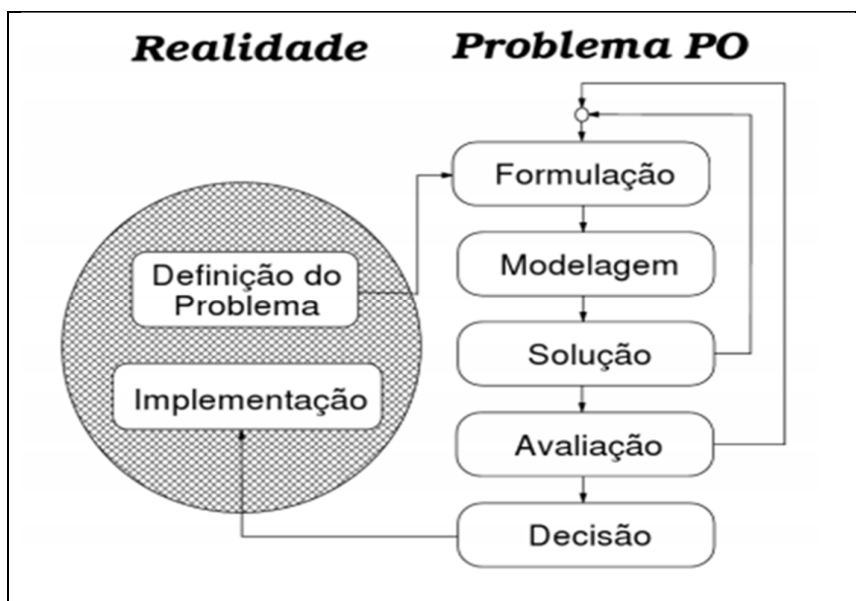


Figura 3 - Passos para implementação de uma Pesquisa Operacional
 Fonte: Cardoso, (2011).

No planejamento, da coleta de dados, concluiu-se que seria necessário determinar as seguintes variáveis: Tempo de Pesagem de Entrada dos Caminhões (TPE); Tempos de Descarga (TD), Tempo de Recolha da Terra (TRT) e Tempo de Pesagem de saída (TPS).

Os caminhões foram acompanhados ao longo do processo de recepção da mandioca, nos dois meses de pico de safra, junho e julho, ao longo de dois anos de produção, sendo que os horários de entrada e saída dos caminhões em cada um dos quatro processos ilustrados na Figura 4, foram anotados manualmente no formato hora, minuto e segundo, com base no horário de relógio digital de pulso da marca Cássio, em planilha específica (Apêndice A).

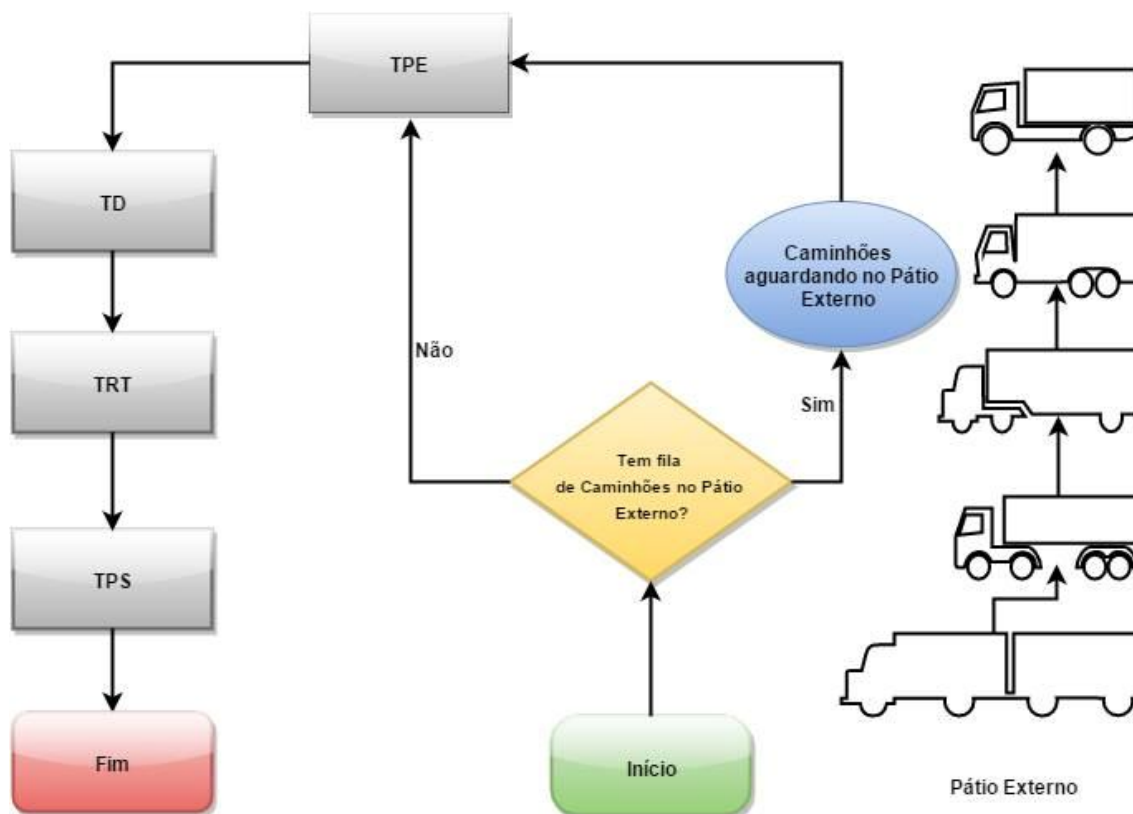


Figura 4 - Fluxograma do Processo de Recebimento de Mandioca na Agroindústria Identificando as Variáveis onde os Tempos Foram Coletados.
 Fonte: Autoria Própria, (2015).

Posteriormente a coleta desses tempos, foram digitadas em planilha eletrônica Microsoft® Excel, transformados em tempos gastos em minutos, para cada repetição dos processos.

A seguir, aplicou-se uma técnica de identificação de *outliers* (valores fora da normalidade) e a construção de *BoxPlots* com auxílio do software *Statistica*® (2016). As razões mais comuns para o surgimento desses valores são os erros na coleta de dados ou eventos raros e inesperados. Portanto, para identificação desses valores aplicou-se a técnica apresentada na Tabela 1 (CHWIF; MEDINA, 2015).

Tabela 1: Identificação de *outliers*.

| <i>Outliers</i> |
|--|
| $A=Q^3-Q^1$ |
| Valor $< Q^1-1,5A$ - <i>Outlier Moderado</i> |
| Valor $> Q^3+1,5A$ - <i>Outlier Moderado</i> |
| Valor $< Q^1-3,0A$ - <i>Outlier Extremo</i> |
| Valor $> Q^3+3,0A$ - <i>Outlier Extremo</i> |

Onde Q1 e Q3 são, respectivamente, os valores do primeiro e terceiro quartis, assim a amplitude entre interquartil “A” é calculada pela diferença: $A = Q3 - Q1$.

O tamanho final de cada uma das amostras, cronometradas para realização do estudo, foi obtida, para um nível de confiança de 95%, através da seguinte expressão (MARROCO, 2003):

$$n_A = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times S}{E} \right)^2 \quad (1)$$

onde:

n_A - número de indivíduos da amostra;

$Z_{\alpha/2}$ - valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

S- desvio padrão;

E- erro máximo estimado;

O número de replicações (n^*) foi obtido através da seguinte expressão (CHWIF; MEDINA, 2015):

$$n^* = n \times \left(\frac{h}{h^*} \right)^2 \quad (2)$$

onde:

n - número de replicações já realizadas;

h - semi-intervalo de confiança já obtido;

h^* - semi-intervalo de confiança desejado;

Todos os resultados reais foram comparados aos simulados por meio do procedimento de validação, para o sistema em estudo, o qual foi feito através da comparação de médias por meio do Teste T ou *Mann-Whitney* e do cálculo de erro médio estimado (MONTGOMERY, 2005).

$$SE = \sqrt{\frac{(SR - MD)^2}{GLR}} \quad (3)$$

onde:

SE – erro médio estimado;

SR – valor obtido a partir do sistema real;

MD – média dos valores gerados pelo modelo; e

GLR – grau de liberdade considerando o número de replicações do modelo.

Depois de escolhidos os dados mais representativos dos tempos de execução

dos processos, estes foram submetidos a análise estatística descritiva e à realização de uma simulação dinâmica e estocástica com auxílio do software *Arena® Training and Evaluation Model Student*, versão 14.70.00006 (ARENA, 2016).

Para avaliação estatística dos dados, teste de aderência e escolha de modelo de distribuição adequado aos dados de tempo de cada um dos processos estudados a ferramenta *Input Analyzer* do *Arena® Student*, foi utilizada. Ao final os dados simulados foram testados contra dados reais do sistema com vistas à validação da simulação.

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os *outliers* considerados como extremos só foram descartados das amostras, depois de uma análise criteriosa de suas causas. Os valores julgados como possíveis de ocorrer foram mantidos.

Os dados que seguiram a normalidade e que dessa forma foram escolhidos para realização do estudo foram plotados em forma de *BoxPlots* (Figura 5), para uma análise preliminar do comportamento das observações.

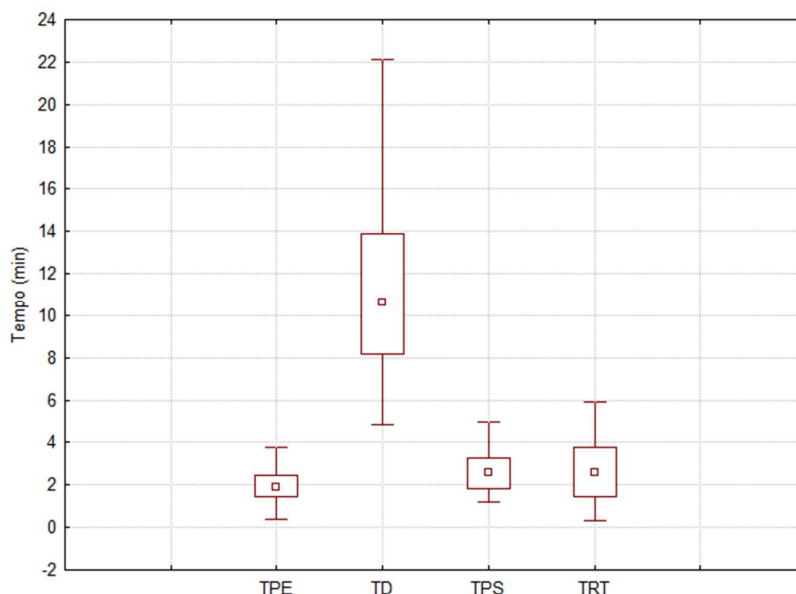


Figura 5- Boxplots dos dados de tempo coletados nas quatro variáveis nas etapas do processo de recebimento de mandioca.

Após a remoção dos *outliers*, foi aplicada aos dados restantes uma análise estatística exploratória. Foi realizada uma avaliação descritiva dos dados coletados na empresa de processamento de mandioca (Tabela 2).

Tabela 2: Análise dos dados.

| Parâmetro analisado | TPE | TD | TRT | TPS |
|-----------------------------------|------|-------|------|-------|
| Conjuntos de Pontos | 42 | 42 | 42 | 42 |
| Mínimo (min) | 0,38 | 4,83 | 0,33 | 1,22 |
| Máximo (min) | 3,75 | 22,12 | 5,9 | 4,95 |
| Média (min) | 1,96 | 11,37 | 2,63 | 2,72 |
| Mediana (min) | 1,87 | 10,61 | 2,56 | 2,6 |
| 1 Quartil (Q ¹) (min) | 1,43 | 8,15 | 1,48 | 1,82 |
| 3 Quartil (Q ³) (min) | 2,45 | 13,92 | 3,77 | 3,27 |
| Desvio Padrão (min) | 0,78 | 4,08 | 1,47 | 1,01 |
| Coefficiente de Variação (%) | 39,8 | 35,89 | 56,2 | 36,95 |

6.4.1 Resultados da Simulação

Após a análise dos dados cronometrados no sistema, através de técnicas recomendados por Prado (2010) e Chwif e Medina, (2015), o passo seguinte foi determinar as curvas de distribuição teórica de probabilidades que melhor representem o comportamento estocástico do sistema em estudo.

Como os *p-values* dos testes de aderência: teste *Chi Square* e do teste *Kolmogorov-Smirnof* são maiores que o nível de significância adotado (0,1), concluiu-se que as distribuições, apresentadas na Tabela 3, são as expressões que melhor se adaptaram aos dados coletados no sistema.

Inicialmente, validou-se o modelo computacional (Figura 6) por meio da técnica face a face, onde o modelo foi executado para os funcionários da empresa que o consideraram correto. Na sequência realizou-se uma comparação (Tabela 4) entre a média obtida do sistema real com a média gerada pelo modelo para a variável Tempo Médio de Descarga de um Caminhão (TMDC), e o erro médio estimado (SE, em decimal).

Tabela 3: Distribuição de probabilidades.

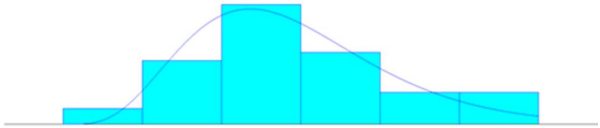
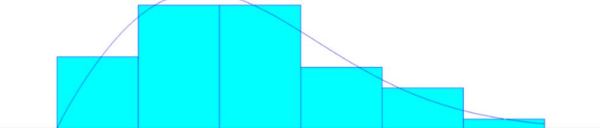
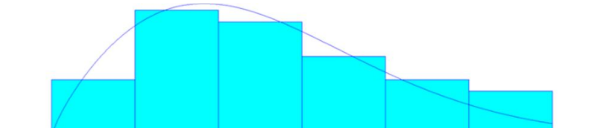
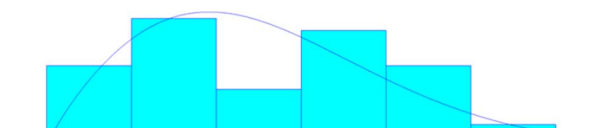
| Itens | Distribuição (h) | Histogramas de Probabilidade |
|-------|--------------------------|--|
| TPE | 0.04 + GAMM(0.358, 5.36) |  |
| TD | 4 + WEIB(8.31, 1.9) |  |
| TRT | WEIB(2.95,1.83) |  |
| TPS | 1 + WEIB(1.93, 1.78) |  |

Tabela 4: Dados do sistema real e do modelo comparado com o modelo construído no sistema computacional, com base no tempo média de descarga de um Caminhão (TMDC) e erro médio estimado (SE).

| Sistema Real | Modelo Computacional | SE |
|--------------|----------------------|------|
| 52 | 51,81 (Figura 6) | 0,04 |

Através da análise dos resultados da Tabela 4 pode-se concluir que o modelo computacional apresenta muito boa aproximação com o sistema real.

| Output | Average | Half Width | Minimum Average | Maximum Average |
|------------|---------|------------|-----------------|-----------------|
| TempoMedio | 51.8100 | 4,50 | 36.4014 | 73.4222 |



Figura 6 - Tempo Médio de Descarga.

Dessa forma o modelo computacional apresentado na Figura 6, foi então validado e pode ser utilizado para maiores estudos, pois mostrou-se capaz de simular o sistema real.

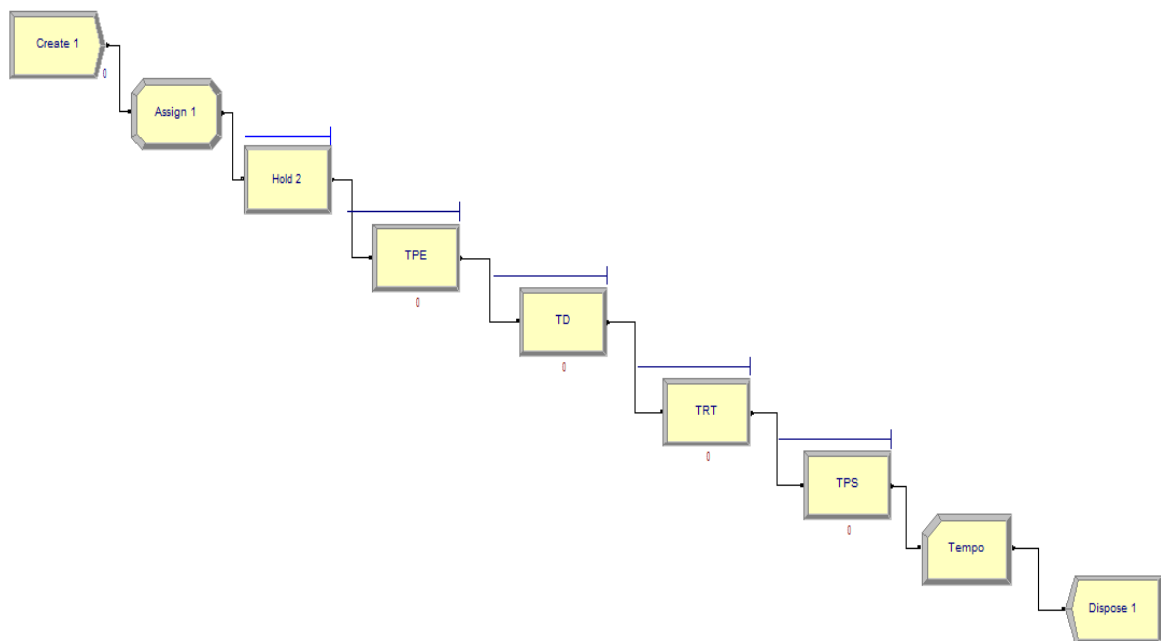


Figura 6 - Modelo Computacional.

Devido ao excessivo tempo de espera dos caminhões no pátio da empresa, simulou-se um segundo cenário com 2 estações de descarga. Portanto a seguir encontram-se ilustrados os dois possíveis cenários.

- a) Cenário 1: Sistema constituído por uma estação de descarga (Cenário Atual);
- b) Cenário 2: Sistema constituído por duas estações de descarga.

Na Tabela 5 apresentam-se os resultados obtidos da simulação do sistema, para os dois cenários.

Tabela 5 - Resultados de simulação dos cenários 1 e 2.

| Cenários | Tempo Médio de Descarga (min) |
|----------|-------------------------------|
| 1 | 51,81 |
| 2 | 35,31 |

A partir dos dados apresentados na Tabela 5 pode-se observar que a utilização de 2 estações de descarga reduziria o tempo de permanência do caminhão no sistema de 51,81 para 35,31 minutos, possibilitando a descarga mais rápida dos caminhões no sistema.

Ao longo do estudo percebeu-se que o tombador de descarga foi o principal gargalo da recepção de mandioca. Cabe destacar que os gargalos de capacidade produtiva precisam ser identificados nas empresas pois são uma informação imprescindível para a tomada de decisão. As restrições influenciam diretamente na lucratividade e na rentabilidade das organizações e limitam o desempenho do sistema (DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R, 2001).

Entretanto, para fins gerenciais, torna-se importante analisar a viabilidade de se investir capital para executar o melhor cenário encontrado neste trabalho. Deste modo, um trabalho futuro pode ser conduzido com o objetivo de avaliar se a receita gerada pela diminuição do tempo de permanência dos caminhões no sistema é maior que o investimento e gastos necessários para isto.

Outra opção com modificação física, seria a realização da descarga em dois turnos, ou mesmo a ampliação do turno de descarga, mas tanto para ampliação por meio da construção de mais um equipamento de descarga quanto pela ampliação dos turnos, o sistema de moega de estocagem precisaria ser ampliado, além da instalação de mais um triturado ou cevadeira, o que novamente ocasionaria custos para indústria. Porém para avaliação correta dos gargalos subsequentes dentro do processo produtivo precisariam ser realizados novos estudos e possíveis simulações, pois quando um gargalo é solucionado dentro do processo podem aparecer outros. Pessoa (2003), destaca que tanto o excesso quanto a escassez de capacidade produtiva, principalmente nos casos onde existe sazonalidade de demanda trazem dificuldades no sistema produtivo. Ele ainda explica que conhecer os gargalos é fundamenta para o redimensionamento adequado e avaliação da possibilidade de investimento em máquinas e equipamentos com vistas a melhorar utilização da capacidade produtiva, e ampliação de produção.

Deve-se destacar que a simulação do processo foi capaz de identificar e avaliar o gargalo simulado, ilustrando claramente a restrição dentro do processo de recepção do produto, de acordo com Golmohammadi (2015), os princípios da teoria das restrições são muito úteis, mas nem sempre são capazes de descrever as múltiplas restrições de capacidade de um sistema, quando os gargalos alimentam

uns aos outros, de acordo com o autor a programação para o estudo conjunto de gargalos se torna muito complexa e pode levar a erros no dimensionamento do sistema. Exatamente por esse motivo estudou-se apenas o recebimento de matéria prima e enfatizou-se o gargalo observado no equipamento de descarga, novos estudos em separado seriam ainda necessários para a elucidação dos gargalos subsequentes.

Dessa forma devido à dificuldade e envolvimento de custos para alteração no sistema físico dos maquinários da empresa, acredita-se que alternativas gerenciais poderiam ser mais recomendadas, no sentido de escalonar melhor a entrega de matéria prima na época de pico de safra, ou mesmo elaborar uma bonificação para os produtores que realizarem entregas ao longo de todo o ano, ou em épocas consideradas fora da safra, o que também acabaria resolvendo o problema da entressafra, período no qual a empresa acaba precisando fazer uso de outras matérias primas para não parar o processo produtivo e muitas vezes ficar ociosa, o que é financeiramente muito prejudicial, pois os custos operacionais da empresa mesmo sem funcionamento são elevados.

Para que os produtores possam realizar a colheita em épocas diferentes, uma alternativa é a busca pela diversificação de genótipos, pois o melhoramento genético vem se mostrando capaz de obter precocidade e produtividade. Chipeta et al. (2016), encontraram rendimentos elevados de até $9,5 \text{ t.ha}^{-1}$ em cultivares de mandioca colhidas com 6 meses e $17,8 \text{ t.ha}^{-1}$ em variedades colhidas com 9 meses. Além disso, o estudo revelou que os rendimentos obtidos em plantas com 9 meses foram superiores aos obtidos em plantas colhidas com 12 meses para alguns genótipos, dessa forma sugere-se que a fecularia sugira aos produtores a busca por variedade mais produtivas, e procura pelo escalonamento de seus cultivos, de forma a contarem com variedade que apresentem ciclos mais precoces e outras mais tardias facilitando a colheita ao longo de um período mais longo do ano. Faz-se ainda necessária a busca por condições de solos e clima ou fornecimento de água via irrigação para que se consiga a máxima produtividade de cada genótipo empregado, pois esses fatores edafoclimáticos influenciam grandemente a produção e a qualidade da mandioca produzida (SANTISOPASRI, 2001; SHOLIHIN, 2011; MTUNGUJA et al., 2016).

6.5 CONCLUSÃO

O modelo computacional simulado no software Arena®, mostrou-se capaz de simular a situação real em um ambiente computacional, sendo que o mesmo além de se aplicar à situação da empresa estudada pode com algumas pequenas alterações, ser aplicado a qualquer fecularia que apresente o mesmo sistema de recepção de matéria prima.

Dentre as alternativas que envolvem mudanças de estrutura física da empresa encontradas para solução do problema da formação de filas, na entrega de matéria prima durante período de safra, entre os meses de junho e julho, estariam a construção de novo sistema de descarga de caminhões e a ampliação do turno de descarga, ambas com necessidade de ampliação da moega de estocagem e da compra de mais uma cevadeira, enquanto que uma alternativa de mudança gerencial também poderia contribuir com a redução do problema, seria necessária a implantação de parcerias com os agricultores com a criação de procedimentos de bonificação aos agricultores, juntamente com um incentivo para escolha correta de cultivares de mandioca melhoradas.

Concluiu-se que o estabelecimento de contratos antecipados de parceria entre produtores e agroindústria seria no momento a ação economicamente mais viável.

REFERENCIAS

ARENA. Simulation Software. Disponível em: <https://www.arenasimulation.com/>. Acesso em: 29 jun 2016.

CHEN, Jieh-Haur; YANG, Li-Ren; TAI, Hsing-Wei. Process reengineering and improvement for building precast production. **Automation in Construction**, v.68, pp.249-258, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.05.015>

CHIPETA, M.M.; SHANAHAN, P.; MELIS, R.; SIBIYA, J.; BENESI, I. R.M. Early storage root bulking index and agronomic traits associated with early bulking in cassava. **Field Crops Research**, v.198, p.171–178, 2016.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**. Teoria & Aplicações. 4.ed. São Paulo: Brazilian Books. 2015.

DAVIS, M.; AQUILANO, N.; CHASE, R. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman. 2001.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cassava Processing** Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/x5032E/x5032E0D.GIF>. Acesso em: 28 out. 2016.

FELIPE, F. I.; ALVES, L. R. A.; CAMARGO, S. G. C. de. Panorama e Perspectivas para a Indústria de Fécula de Mandioca no Brasil. *Revista Raízes e Amidos Tropiacis*, v.6, p.134-146, 2010.

GOLMOHAMMADI, Davood. A study of scheduling under the theory of constraints. **International Journal of Production Economics**, v.165, p.38-50. 2015.

HECKER, F. ; HUSSEIN, W. ; BECKER, T. Analysis and optimization of a bakery production line using ARENA. **International Journal of Simulation Modelling**, v.9, n.4, p.208-209, 2010.

MATTOS, P. L. P. DE; FARIAS, A. R. N. FILHO, J. R. F. **Mandioca: O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.

MTUNGUJA, M. K.; LASWAI, H. S.; KANJU, E.; NDUNGURU, J.; MUZANILA, Y. A. C. Effect of genotype and genotype by environment interaction on total cyanide content, fresh root, and starch yield in farmer-preferred cassava landraces in Tanzania. **Food Science & Nutrition**, pp.1-11, 2016. doi: 10.1002/fsn3.345

PESSOA, P. F. A. de P. **Gestão Agroindustrial**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical. 2003.

PRADO, D. S, do. **Usando o Arena® em Simulação**. Volume. 3, Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços, 2010.

SAGRILO, E.; FILHO, P. S. V.; PEQUENO, M. G. **Capítulo 18 – Épocas de colheita de parte aérea e de raízes tuberosas de mandioca**. In: CEREDA, M. P. (Org.). Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, v.2 2002. 540p. (CULTURAS DE TUBEROSAS AMILÁCEAS LATINO AMERICANAS).

SANTISOPASRI, V. et al. Impact of water stress on yield and quality of cassava starch. **Industrial Crops and Products**, v.13, p.115–129, 2001.

SHOLIHIN. AMMI Model for Interpreting Clone-Environment Interaction in Starch Yield of Cassava. **HAYATI Journal of Biosciences**, v.18, n.1, pp.21-26, 2011.

SILVA, J. R. da; ASSUMPÇÃO, R. de; VEGRO, C. L. R. A inserção da Fécula de Mandioca no Mercado de Amido. **Informações Econômicas**, v.30, n.7, 2000.

STATISTICA. **Análises avançadas, sob medida para você**. Stat Soft. Disponível em: <http://www.statsoft.com.br/download.php>. Acesso em: 20 out. 2016.

VILAPLANA, J.; SOLSONA, F.; TEIXIDÓ, I.; MATEO, J.; ABELLA, F.; RIUS, J. A queuing theory model for cloud computing. **The Journal of Supercomputing**, v.69, n.1, p.492-507. 2014.

ZAVANELLA, L.; ZANONI, S.; FERRETTI, I.; MAZZOLDI, L. Energy demand in production plants: A queuing theory perspective. **International Journal Production Economics**, v.170, Part B, p.393–400, 2015.

7 ARTIGO D: AVALIAÇÃO DA INFLUENCIA SAZONAL NOS TEORES DE FÉCULA PRESENTES NAS RAÍZES DE MANDIOCA

7.1 RESUMO E ABSTRACT

RESUMO: O consumo de amidos e féculas tem se ampliado ao longo dos anos, sendo que sua demanda tem ampla gama de finalidades, existindo uma tendência de crescimento das agroindústrias que os produzem. No que diz respeito à mandioca é uma planta muito importante para o agronegócio, um dos principais produtos obtidos de suas raízes é a fécula. Apesar da mandioca poder ser colhida ao longo de todo o ano, sua qualidade varia muito com as épocas por ser influenciada por fatores edafoclimáticos, bem como características genéticas próprias desta espécie. Tais fatos ocasionam oscilações sazonais na classificação das raízes com base no teor de produto amiláceo disponível no momento do recebimento do produto. Diante dessa problemática, o objetivo deste estudo foi a coleta e avaliação de dados documentais de 3 anos de amostras da qualidade do produto com vistas a observar a realidade e propor ferramentas que possam minimizar esse problema de qualidade da matéria prima recebida pela agroindústria ao longo do ano. Observou-se que no período do inverno ocorre aumento dos teores de fécula nas raízes, mesmo que estes estatisticamente não difiram significativamente entre os meses do ano, financeiramente são representativos para as agroindústrias do setor. Ao final do estudo uma proposta de metodologia de cálculo de pagamento por grama de fécula foi apresentada visando minimizar o problema.

Palavras Chave: *Manihot esculenta*; Sazonalidade; Classificação; Balança Hidrostática.

ABSTRACT: The starch consumption has been increasing over the years, and its demand has a wide range of purposes, and there is a growing tendency of the agricultural industries that produce them. Cassava is a very important plant for

agribusiness, one of the main products obtained from its roots is the starch. Although cassava can be harvested throughout the year, its quality varies greatly with the seasons because it is influenced by edaphoclimatic factors, as well as genetic characteristics of this species. Such events cause seasonal oscillations in root classification based on the available starch content at the time the product is received by industry. Facing this problem, the objective of this study was the collection and evaluation of documentary data of 3 years ago, concerning the cassava samples quality in order to observe the reality and propose tools that can minimize this problem of raw material quality received by the agricultural industry throughout the year. It was observed that in the winter period there is an increase in starch content in the roots, even though they do not statistically differ significantly from the other months of the year, they are financially representative for the agricultural industries of the sector. At the end of the study a proposal of payment calculation methodology per gram of starch was presented in order to minimize the problem.

Keywords: *Manihot esculenta*; Seasonality; Classification; Hydrostatic Balance.

7.2 INTRODUÇÃO

Rosenthal et al (2012), afirmam que a mandioca é a segunda raiz mais importante, ficando atrás apenas da batata inglesa, sendo matéria prima para produção de alimentos, fécula e combustíveis. Ela ainda é considerada a quinta cultura mais importante em termos de fornecimento de calorias para alimentação em especial aos residentes na África Sub-Sahariana.

Espera-se que a demanda por mandioca aumente, tendo em vista o crescimento da população e o uso da mandioca como matéria-prima por diversas indústrias (SHOLIHIN, 2011). O amido é o carboidrato mais fácil de ser extraído em suas várias formas nativas, tais como, amidos de milho, trigo e arroz, e féculas de batata e mandioca entre outros. Esse carboidrato pode ser aplicado em diversos segmentos das indústrias de alimentos e químicas nas formas nativas e modificadas (NEELAM; VIJAY; LALIT, 2012).

Os autores Mtunguja et al. (2016) e Chipeta et al. (2016) encontraram elevadas produtividades em alguns cultivares com períodos entre 6 meses (180 dias) e 9 meses (270 dias), mas ambos destacam que o tempo ótimo de colheita e teores adequados de amido dependem do genótipo e também do ambiente.

O ciclo da mandioca é apresentado por Alves (2002), o qual explica que entre 5 e 15 dias ocorre a emergência das plantas, entre 15 e 90 dias as folhas e raízes iniciam seu desenvolvimento, entre 90 e 180 dias ocorre o estabelecimento dos caules e termina a formação das folhas, a partir desse momento é que se iniciará o transporte de carboidratos para serem armazenados nas raízes o que ocorre entre os 180 e 300 dias, a seguir entre 300 e 360 dias a planta entrará em dormência.

A mandioca pode ser plantada ao longo de todo o ano, mas de acordo com Santisopasri (2001), é clara a necessidade de água disponível para o desenvolvimento, pois o stress hídrico no início da fase de desenvolvimento das plantas faz com que elas entrem em estágio de dormência, retardando o crescimento. Mtunguja et al. (2016), explicam que plantas de mandioca submetidas a stress hídrico aumentam muito seus teores de ácido cianídrico e dessa forma devem ser destinados a finalidades industriais que eliminem essa toxina.

Segundo Tran et al. (2015), na Tailândia, Vietnam e Colômbia, o foco das fecularias atualmente tem sido no aumento do rendimento do processo, segurança alimentar, qualidade do produto e performance econômica.

A qualidade do amido, de acordo com Santisopasri et al (2001), está relacionada à suficiência de chuvas as quais acabam por influenciar a temperatura do solo, o transporte e disponibilidade de nutrientes, a umidade do ar e até mesmo a intensidade luminosa. A escassez de umidade ocasionada pela falta de chuvas principalmente nos primeiros meses de desenvolvimento das plantas tem se mostrado suficiente para reduzir a produtividade e a qualidade do amido.

Sholihin (2011), verificou que os rendimentos em fécula de variedades de mandioca são fortemente influenciados por fatores ambientais, sendo diretamente relacionados com a baixa densidade do subsolo, elevada umidade relativa 4 meses após o plantio e elevado pH na camada superior do solo, sendo dessa forma importante a busca por tais condições, para o aumento da qualidade e rendimento industrial das raízes.

Sagrilo et al. (2006), relatam que o período de colheita também influencia a qualidade da mandioca colhida, explicam que a melhor época de colheita coincide

com o descanso fisiológico das plantas, por causa da alta produção de raízes tuberosas e matéria seca. O retardamento da colheita resulta em redução do teor de matéria seca por causa da mobilização de hidratos de carbono para apoiar os novos órgãos em crescimento.

No Brasil, onde a feccularia acompanhada encontra-se instalada, a época de repouso vegetativo coincide com o período de inverno. Diante do exposto e da quantidade de fatores descritos que podem influenciar a qualidade das raízes de mandioca e seus respectivos teores de amido, o presente estudo teve por finalidade realizar um acompanhamento dos teores médios das raízes de mandioca entregues pelos agricultores a essa agroindústria, com vista a verificar as variações nos teores médios de amido ao longo do ano e a sazonalidade das entregas do produto, por meio de dados médios de três anos de recebimento de mandioca. Ao final o estudo apresenta uma proposta para minimizar os problemas encontrados.

7.3 METODOLOGIA

O presente estudo de acordo com as definições metodológicas propostas por Gil (2008), pode ser descrito como um estudo de abordagem quantitativa e qualitativa, pois objetivou a avaliação da qualidade e quantidade de mandioca processada pela agroindústria, sendo que pode ainda ser classificado como de natureza aplicada por estar vinculado ao estudo de dados de uma empresa específica e seus resultados apesar de poderem ser generalizados possuem maior interesse para a empresa acompanhada. Por fim, se trata de um estudo com objetivos explicativos com procedimentos documentais, pois se utilizou de dados arquivados na base de dados da agroindústria os quais foram estudados e apresentados por meio da aplicação de análises matemáticas, estatísticas e gráficas, podendo ainda ser descrito como uma pesquisa *ex post facto*, porque os dados coletados foram de safras passadas.

A indústria acompanhada se localiza no oeste do estado do Paraná e processa raízes de mandioca provenientes do estado e de outras regiões produtoras, ao longo do ano, objetivando a produção de fécula de mandioca. Ela permanece inativa em épocas onde não ocorre o recebimento de matéria prima de

nenhuma das regiões produtoras próximas, dessa forma o período máximo de operação ao longo do acompanhamento de três anos realizado por esse estudo, foi de 10 meses.

Inicialmente realizou-se a avaliação do percentual que cada mês de produção representou no total produzido para uma avaliação geral da representatividade de cada mês no global do processo produtivo. A seguir verificou-se a qualidade da matéria prima com base nas análises realizadas pela fecularia. No momento do recebimento a empresa faz a avaliação individual de cada carga recebida, sendo que para tanto utiliza-se da avaliação por meio de balança hidrostática, para chegar ao valor final são feitas duas amostragens de 5 Kg de matéria prima cada e submetidos à avaliação pelo equipamento que fornece o resultado em g de amido por Kg de produto avaliado.

De acordo com CEPEA (2016), os teores médios de fécula desejáveis para as raízes de mandioca deveriam estar entre 550 e 600 gramas, ou em média serem de 575 gramas quando a amostragem feita for de 5Kg. Abaixo do teor médio é comum a ocorrência de descontos pelas fecularias espalhadas por todo o País, bem como a bonificação quando os teores estiverem superiores.

Para realização do trabalho os dados médios de acompanhamento da qualidade das raízes de mandioca recebidas pela fecularia foram coletados diretamente da base de dados da empresa e posteriormente transportados para planilhas do Microsoft[®] Excel, sendo que posteriormente por meio de cálculos foram obtidos os teores percentuais de amido médios mensais, ao longo dos três anos acompanhados.

Como a agroindústria faz o uso da pesagem de amostras de 5 Kg foi necessária a transformação inicial dos resultados para amostras de 3 Kg e posterior aplicação nas fórmulas descritas por Grossman e Freitas, (1950), citadas por Oliveira (2011), onde os cálculos de matéria seca (MS) e teor de fécula (TA) são obtidos por meio das Equações 1 e 2:

$$MS = 15,75 + 0,0564 \times M_{\text{água}} \quad (1)$$

$$TF = MS - 4,65 \quad (2)$$

Onde: MS é o percentual de matéria seca existente nas raízes, $M_{\text{água}}$ é o peso na água de 3Kg de raízes de mandioca e TF é o teor percentual de fécula presente no produto.

Dessa forma, o teor para o qual não seriam impostos descontos aos produtores de acordo com as regras do CEPEA (2016a), para pesagens e avaliação de amostras de 5 Kg seria de 575 g, posteriormente pode-se realizar uma transformação para 3 Kg, o valor de $(575 * 3)/5$ resultaria em 345 g. A seguir por meio da aplicação desses valores nas Equações 1 e 2 obtém-se $MS = 35,208$ e $TF = 30,558$.

Em sequência, os valores médios dos teores de amido obtidos para cada um dos meses, utilizando-se de um delineamento inteiramente ao acaso e três repetições (anos) foram comparados por meio da aplicação de uma análise de variância (ANOVA) e posterior teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) com auxílio do software Assistat 7.6 beta. Onde não existiam dados em apenas um dos anos, utilizou-se análise com um dos dados perdidos, enquanto que se descartou aqueles nos quais apenas um dado era existente.

Após a realização do estudo referente a qualidade realizou-se uma avaliação dos preços praticados pelo mercado ao longo dos 3 anos estudados com base nos valores médios mensais disponibilizados pela base de dados contendo a série de preços do CEPEA (2016b). Sendo que por fim, uma simulação dos valores pagos em relação aos teores de amido encontrados ao longo dos anos foi realizada com o objetivo de verificar a faixa de preços que ocorreriam ao longo dos meses do ano e no período de anos acompanhados, utilizando-se o preço do CEPEA calculando-se os descontos médios sofridos pelos produtos de acordo com as Equações 3 e 4 apresentadas pela metodologia CEPEA (2016a).

$$P_g = PM_t / 575 \quad (3)$$

Onde: P_g = Preço pago pela grama de amido; PM_t = Preço médio mensal pago pela tonelada de raízes de Mandioca ($R\$.ton^{-1}$); constante 575 = Valor médio de $M_{\text{água}}$ de 5 Kg de raízes, indicado pelo CEPEA em g.

$$V_{\text{ton}} = P_g \times M_{\text{água}} \quad (4)$$

Onde: V_{ton} = Valor da ton de Raízes de Mandioca ($\text{R}\$. \text{ton}^{-1}$), P_g = Preço pago pela grama de amido ($\text{R}\$. \text{ton}^{-1} . \text{g}^{-1}$); $M_{\text{água}}$ é o peso em gramas na água de 5Kg de raízes de mandioca (g).

Com auxílio do *software* Gretl 1.10.1 construiu-se um histograma de frequência com valores de duas amostragens médias diárias, manhã e tarde, totalizando 1175 valores obtidos com base nos dados coletados diariamente pela fecularia, com vistas a realizar uma avaliação geral apresentando os menores teores diários de fécula encontrados na realidade da empresa, bem como com os maiores e ilustrar a frequência de cada um deles. A seguir realizou-se um cálculo ilustrando os menores e maiores rendimentos que se obteria para uma empresa com produção de $100 \text{ ton} . \text{dia}^{-1}$, levando-se em conta a mudança nos teores de amido apresentadas nas amostragens utilizando-se como base um preço próximo aos praticados durante o ano de 2016 que foi de $\text{R}\$ 2.000,00$ por tonelada de fécula.

7.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se claramente que a entrega de raízes de Mandioca na agroindústria segue um padrão sazonal, sendo que inclusive inexistem entregas em alguns meses dos anos acompanhados, pois em janeiro e fevereiro não ocorreram entregas em nenhum dos 3 anos acompanhados (2013-2015). Nos meses de novembro e dezembro só ocorreram entregas no ano de 2015 e as entregas no mês de outubro foram feitas nos anos de 2014 e 2015.

Os valores de representatividade percentual de entrega de fécula na agroindústria podem ser visualizados na Figura 1. Algumas diferenças percentuais entre os mesmos meses em anos diferentes são devidas a ocorrência de chuvas, que quando em demasia ao longo de um mesmo mês podem prejudicar a colheita e reduzir a quantidade final processada naquele mês.

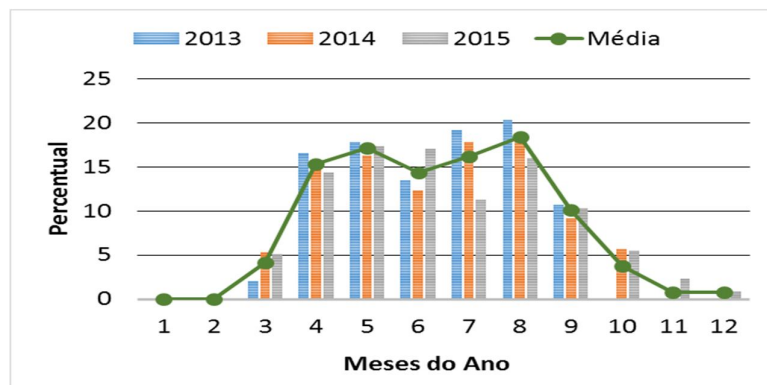


Figura 1. Percentual de Entrega de Mandioca na Indústria ao longo dos 3 anos acompanhados 2013 a 2015.

Observou-se ainda que entre os meses de abril e agosto ocorre a maior concentração de entrega do produto o que acaba por ocasionar filas e sobrecargas no setor de recepção da empresa. Isso ocorre devido ao superior acúmulo de amido nas raízes ao longo desse período por conta do descanso imposto às plantas pelo período mais frio e seco conforme explica Sagrilo et al. (2006).

Sagrilo (2001), ao estudar cultivares de mandioca, plantadas no noroeste do estado do Paraná, percebeu que foi evidente a redução dos teores de amido ao longo do final do ano, entre os meses de novembro e dezembro, de acordo com o autor, isso ocorreu devido à rebrota e crescimento vegetativo das plantas que ocorre nesse período e ocasiona o consumo das reservas de amido presentes nas raízes. O mesmo autor explica ainda que após a formação das folhas, a planta acumulará amido novamente e que ao final do segundo ano, com dois ciclos, as plantas apresentarão maiores teores de amido acumulados do que as plantas no final do primeiro ciclo, após um ano de plantio.

Verificou-se que estatisticamente, por meio da análise de variância e posterior teste de Tukey, não se pode observar diferenças significativas ao nível de 5% entre os teores de fécula encontrados nas amostras coletadas ao longo dos anos de 2013 a 2015 na agroindústria estudada (Tabela 1).

Os teores percentuais médios mensais de amido encontrados nesse estudo foram próximos aos observado por outros autores, sendo que Mtunguja et al. (2016), em seu estudo, verificou teores de amido nas raízes de mandioca entre 23,05 % e 30,74 %, porém cabe destacar que os valores encontrados por esses autores foram obtidos em análises laboratoriais. Já Barbosa et al. (2007), encontraram valores

entre 22,96 % e 31,44 % e utilizaram o método da balança hidrostática e a obtenção dos percentuais pela mesma metodologia aplicada nesse estudo.

Tabela 1. Teores médios de fécula de mandioca obtidos por balança hidrostática no recebimento de matéria prima da agroindústria, ao longo dos meses do ano, as médias ponderadas foram obtidas com base em amostragens realizadas ao longo de 3 anos de produção.

| Meses do Ano | Médias Ponderadas dos Teores de Fécula (3 anos) ± Desvio Padrão |
|--------------|---|
| Março | 29,69 ^a ± 0,83 |
| Abril | 30,07 ^a ± 0,72 |
| Maio | 30,42 ^a ± 0,80 |
| Junho | 30,73 ^a ± 0,29 |
| Julho | 30,64 ^a ± 0,50 |
| Agosto | 29,92 ^a ± 0,35 |
| Setembro | 29,61 ^a ± 0,13 |
| Outubro | 29,33 ^a ± 0,01 |

Os valores de coeficiente de variação calculados foram baixos, todos inferiores a 1 % de fécula, mas já são capazes de ocasionar variabilidade no processo de produção industrial, pois pequenas mudanças nos teores de fécula da matéria prima são capazes de reduzir o rendimento industrial, o qual tem seus custos de produção iguais processando produtos com elevados e reduzidos teores de fécula.

Pode-se apenas notar que ocorre no meio do ano um aumento nos teores de fécula presentes nas raízes (Figura 2), mas isso também variou de acordo com o ano estudado e com os produtores avaliados, o que deve ter sido o motivo da ausência de diferença estatística entre os meses comparados.

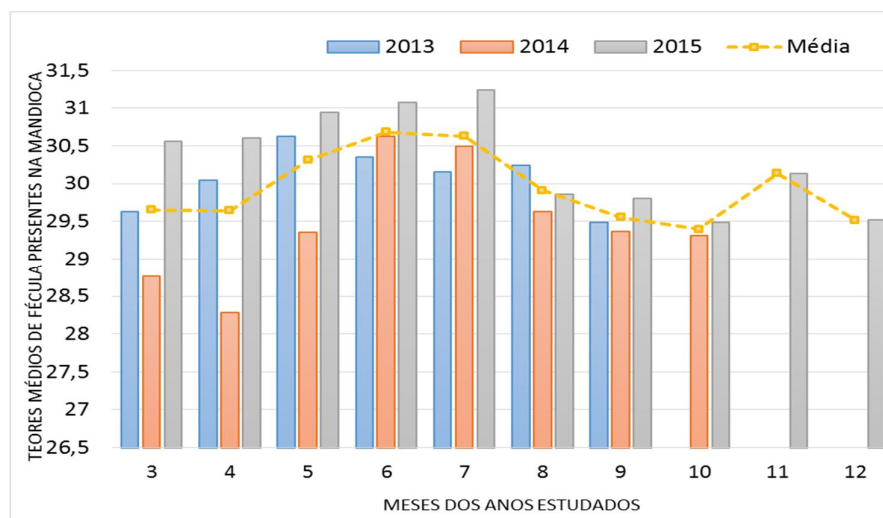


Figura 2. Teores médios de Fécula presentes nas raízes ao longo dos anos acompanhados

O produto recebido no ano de 2014 apresentou teores de fécula inferiores aos outros anos em diversos meses, tal fato pode estar relacionado ao preço da mandioca que se apresentou acima dos patamares normais, principalmente no início daquele ano (Figura 3), o que pode ter incentivado agricultores a colherem o produto antecipadamente em detrimento da qualidade, pois quando a matéria prima entregue possui teores de fécula baixos o valor pago sofre descontos.

Os autores Lima, Ferreira e Ferreira (2012), explicam que as variações na produção de raiz de mandioca e sua interferência na produção industrial e na rentabilidade do produtor, são os principais gargalos da cadeia produtiva da mandioca. Para solucionar tal problema propõem uma firme parceira da indústria com os agricultores com vistas a assegurar rentabilidade ao produtor e regularidade de fornecimento à indústria. Os autores explicam ainda que os produtores podem colher a mandioca com um ou dois ciclos e que a entrega de mandioca no início do ano geralmente é com dois ciclos, já do meio para o final do ano geralmente a partir do mês de maio é realizada a colheita da mandioca de um ciclo.

O preço, inversamente aos teores de amido em geral sofre queda no meio do ano, devido a lei da oferta e procura, como muitos agricultores colhem e resolvem vender o produto nessa época do ano é comum que o preço sofra essa queda (Figura 3).

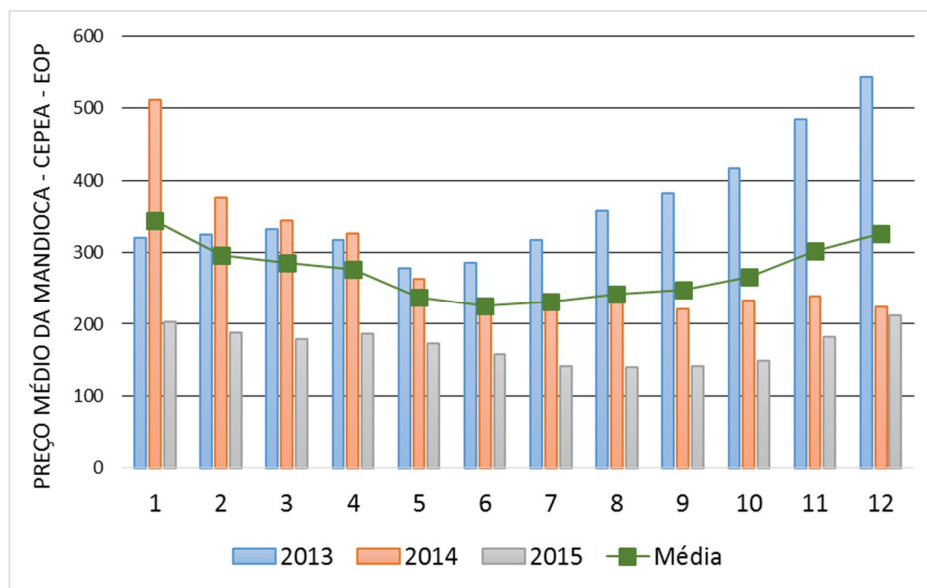


Figura 3. Preço médio disponibilizado pelo CEPEA (2016b) para região oeste do Paraná

Porém, calculando-se com base nos teores de amido, por meio da metodologia de descontos e bonificações descrita pelo CEPEA (2016a), observou-se que realmente nas épocas de entre safra, os produtores recebem valores médios inferiores aos praticados pelo mercado, sendo que apenas na época mais favorável à colheita, nos meses de junho e julho, os produtores em média conseguem receber valores mais próximos. Cabe destacar que alguns produtores conseguiram valores superiores aos valores médios de mercado, os quais podem ser observados nas colunas verdes (Preço Máximo) da Figura 4, independentemente da época do ano.

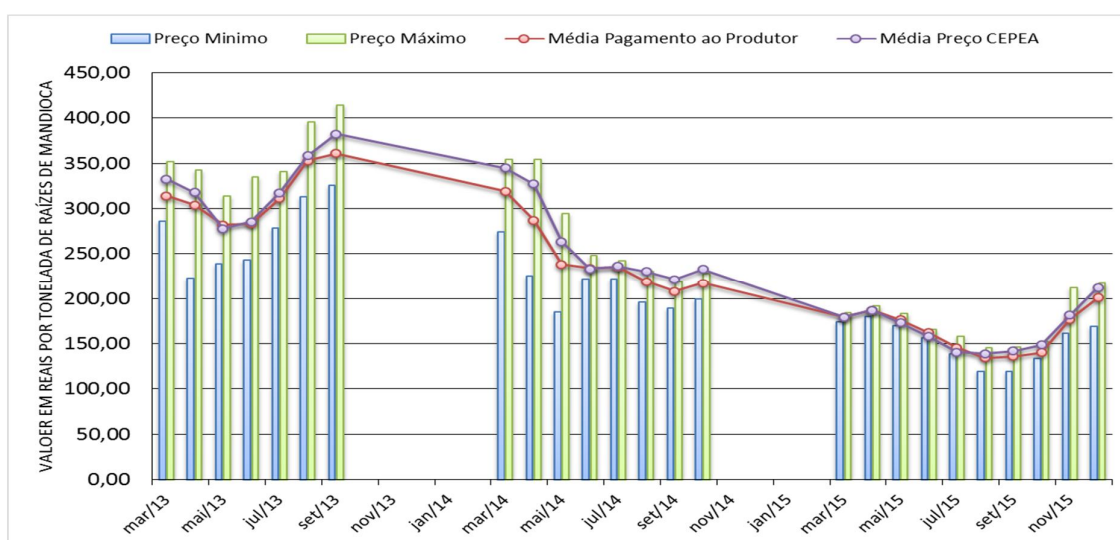


Figura 4. Preços mínimos médios e máximos recebidos pelos produtores ao entregarem seus produtos em diferentes épocas ao longo dos três anos acompanhados em comparação aos valores médios mensais disponibilizados pelo CEPEA.

Na Figura 5, apresentou-se um histograma que descreve os possíveis teores apresentados ao longo dos dias de processamento da empresa pelos três anos estudados (2013-2015), dessa forma foi possível verificar que dentro da realidade da fecularia em alguns dias a média chegou a valores próximos de 24 % de amido enquanto que em outros poucos dias chegou a valores muito elevados próximo de 34 % o que leva a conclusão que ao longo do processo de produção realizado por essa empresa, durante nove meses do ano (março a novembro), ocorreu uma variação média de 10 pontos percentuais nos teores de amido apresentados na matéria prima recebida.

A média geral encontrada foi de 29,991 % com um desvio padrão de 1,2254, os dados não apresentaram distribuição normal por nenhum dos testes utilizados

Doornik-Hansen, Shapiro-Wilk, Lilliefors e Jarque-Bera, pois todos apresentaram um p valor muito próximo de zero e o histograma foi construído com 11 classes para uma boa visualização da variabilidade (Figura 5).

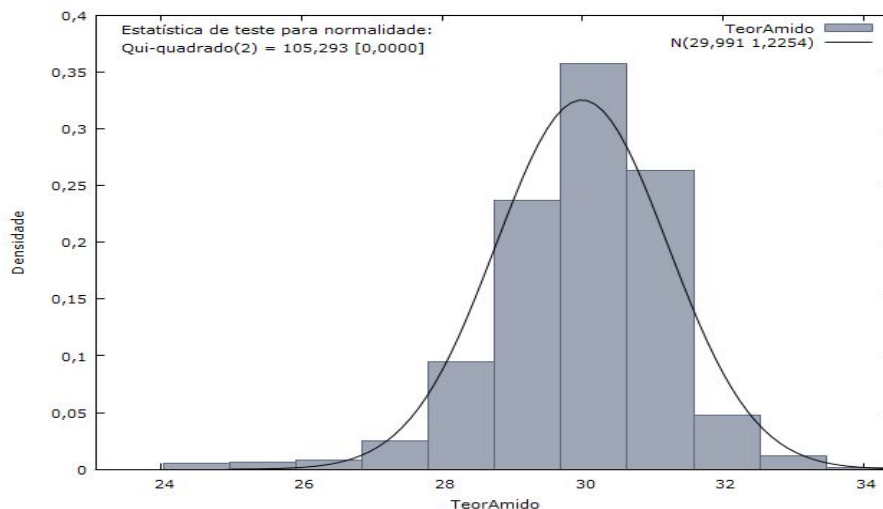


Figura 5. Histograma de frequências ilustrativo dos Teores Percentuais de Amido obtidos pela aplicação das Equações 1 e 2 aos dois dados médios diários obtidos na pesagem da balança hidrostática transformados para 3Kg, durante o funcionamento da agroindústria ao longo dos 3 anos de produção (2013 – 2015).

A maior frequência foi encontrada no valor de 30% de amido, valor esse bem próximo do valor médio proposto pelo CEPEA para o recebimento sem descontos, porém, todos os que se situaram abaixo desse valor tiveram descontos no pagamento pois não atingiram as metas mínimas proposta pelas regras do CEPEA (2016a), adotadas por muitas agroindústrias.

Devido a quantidade de fatores que podem alterar os teores de amido que as raízes da mandioca reservam, tais como fatores edafoclimáticos e genéticos, além daqueles impostos pelo próprio ciclo das plantas, conforme descrito por Santisopasri (2001); Alves (2002); Sagrilo et al. (2006) e Sholihin (2011), não se fará possível por conta dessas limitações que o produtor consiga estabilizar os teores de amido ao longo do ano.

Por outro lado, é muito complicado para agroindústria trabalhar nos meses onde a média dos percentuais de amido sejam muito baixas, supondo-se que dentro do processo produtivo não ocorra nenhum tipo de perda, mas já deixando claro que esta ocorre e gira em torno de 3 % dos teores de amido brutos, pode-se apresentar com base no preço médio do corrente mês quais seriam as diferenças de valores encontradas pela fecularia ao trabalhar com as diferentes matérias primas.

Supondo-se uma agroindústria com capacidade média produtiva de 100 ton.dia^{-1} apresentando um rendimento médio de 30 % (valor mais frequente no histograma de frequências), com uma entrada de 334 ton.dia^{-1} de raízes de mandioca. Com tais dados pode-se calcular os rendimentos para matérias primas com 24 % e 34 % de amido, obtendo-se produções diárias de fécula de $80,16 \text{ ton.dia}^{-1}$ e $113,56 \text{ ton.dia}^{-1}$ respectivamente, resultando em uma diferença entre as produções de $33,4 \text{ ton.dia}^{-1}$. Sendo que, o preço de mercado aproximado da fécula é de R\$ 2.000,00 a tonelada, a diferença monetária de um dia de produção, resultaria em R\$ 66.800,00, entre um dia de produção com matéria prima de elevada qualidade para um dia de produção com matéria prima de qualidade inferior.

Para o estabelecimento de um valor específico inteiro de percentual de amido que poderia ser aceito como limítrofe entre um produto com maior qualidade, bem como para facilitação dos cálculos realizados nesta análise que será apresentada a seguir, observando-se ainda que a avaliação proposta pelo CEPEA (2016a) se refere a uma faixa desejável e que nem todas as empresas adotam esses mesmos limites de classificação, arredondou-se o valor 30,558 % obtido pela aplicação do valor médio proposto pelo CEPEA (2016a) para 30 %, tal arredondamento também foi realizado por motivos didáticos, para simplificação do entendimento da discussão e pelo motivo de ter sido este o valor mais frequente no histograma da Figura 5.

Desta forma, cabe destacar que em média ao longo do período estudado, sempre o percentual de agricultores que entregaram produtos com qualidade superior (acima de 30% de fécula) foram elevados e os que entregaram produtos com teores de fécula inferiores a 30% foram poucos, como se pode observar na Figura 6. Percebe-se ainda que produtos abaixo de 30% de fécula se reduzem muito no meio do ano o que confirma a sazonalidade do produto e a maior facilidade de se obter matéria prima de alta qualidade entre os meses de junho, julho e agosto, o que leva os agricultores a concentrarem suas colheitas nesses meses.

Diante das discussões apresentadas, das dificuldades da agroindústria e dos produtores, impostas pelas limitações genéticas e edafoclimáticas das plantas, sugere-se uma metodologia de avaliação de qualidade um pouco diferente da adotada, que atualmente só leva em conta para os cálculos de descontos e bonificações os valores médios de Mágua de 5 Kg de raízes de 575, indicado pelo CEPEA (2016a).

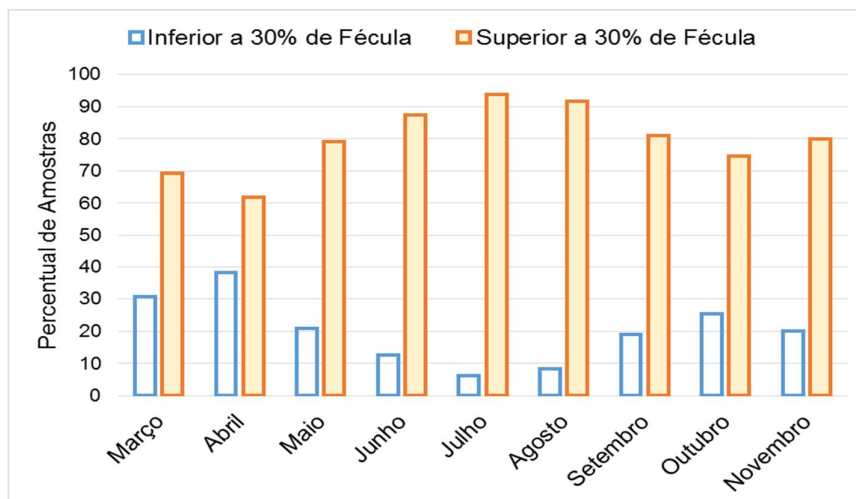


Figura 6. Gráfico comparativo do percentual de produtores amostrados ao longo dos anos 2013 a 2015, que apresentaram valores de fécula presentes nas raízes inferiores e superiores a 30%.

Após a realização deste estudo acredita-se que a adoção dos limites inferior e superior também deveriam ser levados em conta, sendo que sugere-se que um limite superior fosse aplicado nos meses do meio do ano (junho, julho e agosto), onde não seria impossível aos produtores alcançarem teores de amido mais elevados, isso faria com que lavouras piores, que representam em média 10 % da matéria prima recebida pela agroindústria não fosse colhidas nessa época, isso reduziria um pouco o pico de entrega e a fila de caminhões que chegam à agroindústria nesses meses do ano e certamente elevariam a entrega em outras épocas onde as exigências seriam menores.

Em resumo não seria mais adotada a média de 575 (30,5 % de amido) para todo o ano, mas sim 550 (29,71 % de amido) para os meses de março, abril, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro e 600 (31,4 % de amido) para os meses de maio, junho e julho, ou outro limite julgado adequado. Essa ação teria dupla finalidade, reduzir o fluxo de entregas exageradas em época de safra e ampliar o interesse do produtor por entregas realizadas fora de época, pois além da exigência estar menor geralmente o preço também fica em patamares superiores.

A metodologia proposta seria relativamente simples de ser adotada, seria mais exigente nos meses de safra, cobrando maior qualidade do produtor, para que não fossem impostos descontos e mais benevolente nos meses onde existe uma maior dificuldade de obtenção de matérias primas de qualidade, incentivando o produtor que tem o produto a entregar, para que a agroindústria não tenha

necessidade de permanecer ociosa. Os valores aqui utilizados foram baseados nos propostos pelo CEPEA (2016a), mas cada empresa pode adotar a forma que achar mais justa para região e até mesmo para o ano, tendo em vista que ao longo do estudo pode-se observar também muitas diferenças entre os teores de amido alcançados nos mesmos meses de anos diferentes.

7.5 CONCLUSÃO

Observou-se que alteração da qualidade em relação aos teores de amido das plantas de mandioca ocorre por muitos fatores, os quais são de difícil controle pelo produtor e que a entrega concentrada em meses do meio do ano gera transtornos à agroindústria.

Apesar das médias mensais não terem apresentado diferença estatisticamente significativa, os teores de amido obtidos nas raízes apresentaram diferenças bem grandes, sendo que apareceram valores diários desde 24 % até 34% de amido, os cálculos realizados para dias trabalhados com raízes contendo esses diferentes valores, resultaram em elevada diferença monetária o que ocasiona um grande problema gerencial para a empresa.

Diante de tal contexto e da avaliação dos preços recebidos pelos produtores ao longo do ano, acredita-se que a alteração na metodologia de cálculo do pagamento com base na classificação do produto pela massa em água, que se correlaciona por modelos com os teores de amido, poderia ser mais exigente em épocas mais favoráveis e reduzir as metas cobradas em épocas onde a indústria por vezes fica ociosa por falta de matéria prima, ao invés de realizar os cálculos de descontos e bonificações apenas baseado em um mesmo valor para o ano todo.

Com essa pequena modificação acredita-se que haveria uma melhor distribuição da colheita por parte dos produtores ao longo do ano, pois haveria a motivação para entrega em épocas fora de safra e uma redução do excesso de colheita na época da safra pelo aumento da cobrança em termos de qualidade do produto.

REFERENCIAS

ALVES, A.A.C. **Cassava Botany and Physiology**. Chapter 5. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A.C. (ed). Cassava: Biology, Production and Utilization. New York: Cabi Publishing, 2002. Disponível em: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/cabi_08ch5.pdf. Acesso em: 10 jan. 2016.

BARBOSA, C. Z. R. et al. Caracterização de dez Clones de Mandioca Cultivados no Estado de Roraima. **Agro@ambiente On-line**, v.1, n.1, 2007.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, DEAS - Departamento de Economia, Administração e Sociologia, ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP - Universidade de São Paulo. **Metodologia:** Raiz de Mandioca. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/mandioca/?page=37>. Acesso em: 06 out. 2016a.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, DEAS - Departamento de Economia, Administração e Sociologia, ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP - Universidade de São Paulo. **Série de preços.** Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/mandioca/#>. Acesso em: 20 jun 2016b.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6.ed. São Paulo, Atlas, 2008.

GRET. **Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library**. Software Livre: Versão 1.10.1, 2015. Disponível em: <<http://gretl.sourceforge.net/pt.html>>. Acesso em: 02 set. 2015.

LIMA, E. J. DE; FERREIRA, A. L.; FERREIRA, M. A. **Sazonalidade da demanda da produção de mandioca e seu impacto na produção industrial**. In: Ferreira, M. A.; Ferreira, A. L.; Dalto, J. L.; Oliveira, R. (Org). Práticas de gestão de produção e operações. Londrina: Universal, 2012. 346 p.

MTUNGUJA, M. K.; LASWAI, H. S.; KANJU, E.; NDUNGURU, J.; MUZANILA, Y. A. C. Effect of genotype and genotype by environment interaction on total cyanide content, fresh root, and starch yield in farmer-preferred cassava landraces in Tanzania. **Food Science & Nutrition**, pp.1-11, 2016. doi: 10.1002/fsn3.345

NEELAM, K.; VIJAY, S.; LALIT, S. Various Techniques for the modifications of Sarch and the Application of its Derivatives. **International Research Journal of Pharmacy**, v.3, n.5, p.25-31, 2012.

OLIVEIRA, N. T. et al. Caracterização e identificação de clones de mandioca produzidos em Roraima para o consumo in natura. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n.3, p. 188-193, 2011.

ROSENTHAL, D. M. et al. Cassava about-FACE: Greater than expected yield stimulation of cassava (*Manihot esculenta*) by future CO₂ levels. **Global Change Biology**, v.18, p.2661–2675, 2012. doi: 10.1111/j.1365-2486.2012.02726.x

SAGRILO, E. Produtividade de três cultivares de mandioca (*Manihot esculenta*, Cratz) em diferentes épocas de colheita no segundo ciclo vegetativo. Maringá: 2001. 136p. **Dissertação**. Mestrado em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá. 2001.

SAGRILO, Edvaldo et al .Effect of harvest period on foliage production and dry matter distribution in five cassava cultivars during the second plant cycle. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 49, n. 6, p. 1007-1018, 2006.

SANTISOPASRI, V. et al. Impact of water stress on yield and quality of cassava starch. **Industrial Crops and Products**, v.13, p.115–129, 2001.

SHOLIHIN. AMMI Model for Interpreting Clone-Environment Interaction in Starch Yield of Cassava. **HAYATI Journal of Biosciences**, v.18, n.1, pp.21-26, 2011.

TRAN, T. et al. A comparison of energy use, water use and carbon footprint of cassava starch production in Thailand, Vietnam and Colombia. **Resources, Conservation and Recycling**, v.100, p.31–40, 2015.

8 CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo percebeu-se que a cultura da mandioca é cultivada no Brasil, principalmente nos estados do Pará, Bahia, Maranhão e Paraná, enquanto nos primeiros as raízes são destinadas principalmente para produção de farinha no Paraná são destinadas à produção de fécula. A mandioca apresenta ciclos produtivos com aumentos e reduções de área de cultivo, sendo que sofre ainda enormes oscilações de preço que acompanham inversamente esses ciclos de produção.

Os métodos de previsão aplicados neste estudo se mostraram bem adequados realizando estimativas próximas das realidades observadas em todas as validações realizadas, os softwares utilizados para realização das previsões Gretl, NNQ, Stat Pro e Wessa net foram muito úteis, mostrando a enorme importância da tecnologia da informação na operacionalização dos processos de previsão, dando mais agilidade e permitindo que as previsões sejam atualizadas mês a mês, auxiliando de forma muito positiva a tomada de decisão por parte da agroindústria.

De acordo com as previsões realizadas percebeu-se que o aumento nas vendas de fécula tem sido crescente ao longo dos anos, desta forma pode-se observar que a indústria terá maior demanda o que justificou um estudo dos seus gargalos.

Um dos gargalos é ocasionado pela qualidade do produto, pois o produtor buscando melhores classificações opta por realizar entregas apenas nos meses de inverno, nesse período as plantas, devido a fatores genéticos e edafoclimáticos aumentam seus teores de fécula, os preços se reduzem devido à elevada demanda, porém os produtores podem entregar mas optar por recebem em outras épocas não sendo esse um fator que limite essas entregas. Dessa forma neste estudo uma metodologia diferente da utilizada tradicionalmente para o cálculo dos preços pagos por grama de amido que emprega valores inalterados ao longo de todo o ano foi proposta, objetivando ampliar a exigência em momentos de pico e reduzi-la em momentos de escassez de matéria prima.

Decorrente deste fato o gargalo mais visível da empresa está no processo de recepção do produto, nos meses de inverno, em épocas de pico de safra os produtores ficam retidos em filas enormes do lado de fora da agroindústria,

aguardam por até dois dias para descarregarem o que deixa clara a necessidade de conhecer melhor esse processo, nesse estudo então após simular todas as atividades referentes à recepção da mandioca por meio do software Arena®, percebeu-se que o gargalo da entrega está no equipamento de descarga, porém sua duplicação esbarraria em elevados custos financeiros para alteração, por conta dos gargalos subsequentes na estocagem e moagem, já na parte de processamento das raízes para produção de fécula.

Por fim, concluiu-se que uma alteração nos cálculos dos preços e a realização de parcerias com os agricultores para uma redução do fluxo de entrega em períodos de safra seriam muito mais viáveis como forma de equilibrar a sazonalidade de entrega de matéria prima na agroindústria ao longo do ano, o que reduziria tanto a ociosidade quanto a sobrecarga no sistema produtivo.

APÊNDICES

