

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE  
RIBEIRÃO PRETO  
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONTROLADORIA E  
CONTABILIDADE

GEORGIA SAIANI MENDES

Produtividade e valor justo da cana-de-açúcar: uma perspectiva do modelo tradicional e  
modelo futuro.

ORIENTADOR: PROF. DR. RICARDO LUIZ MENEZES DA SILVA

COORIENTADOR: PROF. DR. FÁBIO RICARDO MARIN

RIBEIRÃO PRETO  
2022

Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior  
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Fábio Augusto Reis Gomes  
Diretor da Faculdade de Economia, Administração de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Carlos Alberto Grespan Bonacim  
Chefe do Departamento de Contabilidade

GEORGIA SAIANI MENDES

Produtividade e valor justo da cana-de-açúcar: uma perspectiva do modelo tradicional e modelo futuro.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Controladoria e Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências. Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP

Orientador: prof. Dr. Ricardo Luiz Menezes da Silva  
Coorientador: prof. Dr. Fábio Ricardo Marin

Ribeirão Preto  
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

## FICHA CATALOGRÁFICA

Mendes, Georgia Saiani

Produtividade e valor justo da cana-de-açúcar: uma perspectiva do modelo tradicional e modelo futuro, 2022.

90 p. : il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Controladoria e Contabilidade.

Orientador: Silva, Ricardo Luiz Menezes.

1. Ativos Biológicos. 2. Valor Justo. 3. Produtividade. 4. Fluxo de Caixa Descontado. 5. Cana-de-açúcar.

Nome: Mendes, Georgia Saiani

Título: Produtividade e valor justo da cana-de-açúcar: uma perspectiva do modelo tradicional e modelo futuro.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Controladoria e Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em: \_\_\_\_\_

#### Banca examinadora

Orientador: Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao apoio fundamental dado pelo meu orientador, prof. Dr. Ricardo Luiz Menezes da Silva, com os esclarecimentos, explicações, debates e discussões realizados para confeccionar esse trabalho. Agradeço ao meu coorientador prof. Dr. Fábio Marin, pelo suporte com as dúvidas e as especificidades do modelo agrônomo, o que favoreceu o andamento do trabalho. Além disso, ao suporte oferecido para os professores que fizeram parte da minha formação durante a pós-graduação e também aos funcionários que me auxiliaram nesse período. Agradeço também o apoio da Capes, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço a minha mãe, Fabiana, e meu pai, Rogério, por nunca duvidarem do meu potencial, sempre estarem do meu lado e presentes, acompanhando minha trajetória até esse momento. Um agradecimento especial a Emanuela Ferraz por todo apoio diário, pelas conversas e incentivos.

Uma dedicatória especial aos que partiram, mas nunca serão esquecidos. Aos meus avós Maria Regina Segatto Saiani, Osmar Aparecido Saiani e Osmar da Silva Mendes. Se não fosse por vocês, eu não chegaria onde estou. Agradeço também a minha tia Rogéria e tio Gilberto, e minhas primas Isadora, Beatriz e Fernanda pelo apoio de sempre.

## RESUMO

Mendes, Georgia Saiani. *Produtividade e valor justo da cana-de-açúcar: uma perspectiva do modelo tradicional e modelo futuro*. Dissertação (Mestrado em Controladoria e Contabilidade) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2022.

Os animais e plantas vivos podem ser avaliados através do valor justo sem mercado ativo e isso vem sendo debatido através de vários estudos devido a uma preocupação com a subjetividade que está associada a esse método de mensuração. No caso da cana-de-açúcar em desenvolvimento, ativo biológico importante no cenário brasileiro, é utilizado esse método. Considerando os *inputs* utilizados para a mensuração a valor justo sem mercado ativo da cana, essa pesquisa se propôs a avaliar a fonte de informação da produtividade, que é um dos fatores necessários para a construção do fluxo de caixa da cana. A produtividade pode ser determinada por meio de diferentes métodos, e a literatura indica que há a possibilidade de determinar por meio de média de safras passadas (método tradicional) ou por meio do modelo de processos biofísicos SAMUCA (modelo futuro). Essa pesquisa tem como objetivo comparar a representação fidedigna do valor justo a partir dos *inputs* de produtividade da cana-de-açúcar gerados pelos modelos tradicional e futuro. Como amostra, os dados de duas usinas foram utilizados, considerando cada talhão como uma unidade de cálculo do valor justo, sendo observados por safra 44 talhões da Usina A e 83 talhões da Usina B. Para cada talhão, houve uma estimativa de cada modelo, que foi comparado com o modelo base, sendo este o efetivamente realizado pelas usinas, já que foram utilizados dados de safras que já aconteceram. Dessa forma, foram utilizados testes de comparação entre grupos, mais especificamente teste de Friedman e Anova de medidas repetidas, como também testes de comparação entre pares (Teste de Durbin-Conover ou de Tukey) quando necessário, para avaliar os modelos em relação ao modelo base. Os resultados demonstraram que os modelos tradicional e futuro demonstram desempenhos diferentes. Em relação aos indicadores de produtividade (ATR e TCH), tanto o modelo tradicional e futuro apresentaram diferenças significativas quando comparados ao modelo base, sendo que o modelo tradicional apresentou mais diferenças (68,75%) do que o modelo futuro (37,5%). Ou seja, existem evidências de que o modelo futuro tem uma *performance* melhor do que o modelo tradicional no caso dos indicadores de produtividade. No entanto, no caso do valor justo o modelo tradicional apresentou um desempenho superior do que o modelo futuro, devido uma maior quantidade de semelhanças encontradas entre as safras ao confrontar com o modelo base, assim, o modelo tradicional aponta para uma maior representação fidedigna do que o modelo futuro. Esses resultados demonstram que ainda há espaço para avançar no que diz respeito a mensuração do valor justo de ativos biológicos, principalmente, por meio dos modelos agrometeorológicos.

**Palavras-chave:** Ativos Biológicos, Valor Justo; Produtividade; Fluxo de Caixa Descontado, Cana-de-açúcar.

## ABSTRACT

Mendes, Georgia Saiani. Productivity and fair value of sugarcane: a perspective of the traditional model and future model. Dissertation (Master's degree on Accounting and Controllershship) – Faculty of Economics, Business Administration and Accounting. University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2022

Live animals and plants can be valued at fair value without an active market and this has been debated across several studies due to a concern with the subjectivity that is associated with this measurement method. In the case of sugarcane under development, an important biological asset in the Brazilian scenario, this method is used. Considering the inputs used to measure the sugarcane's fair value without an active market, this research aimed to evaluate the source of productivity information, which is one of the necessary factors for building the sugarcane cash flow. Productivity can be determined using different methods, and the literature indicates that there is the possibility of determining it using the average of past harvests (traditional method) or using the SAMUCA biophysical process model (future model). This research aims to compare the faithful representation of fair value from the sugarcane productivity inputs generated by the traditional and future models. As a sample, data from two plants were used, considering each plot as a fair value calculation unit, with 44 plots from Plant A and 83 plots from Plant B being observed per season. For each plot, there was an estimate of each model, which was compared with the base model, which is the one effectively carried out by the mills, since data from harvests that have already taken place were used. Thus, comparison tests between groups were used, more specifically the Friedman test and Anova for repeated measures, as well as comparison tests between pairs (Durbin-Conover or Tukey test) when necessary, to evaluate the models in relation to the model base. The results showed that the traditional and future models demonstrate different performances. Regarding productivity indicators (ATR and TCH), both the traditional and future model showed significant differences when compared to the base model, with the traditional model showing more differences (68.75%) than the future model (37.5 %). That is, there is evidence that the future model performs better than the traditional model in the case of productivity indicators. However, in the case of fair value, the traditional model performed better than the future model, due to the greater number of similarities found between the vintages when compared with the base model, thus, the traditional model points to a greater faithful representation of the than the future model. These results demonstrate that there is still room to advance with regard to measuring the fair value of biological assets, mainly through agrometeorological models.

**Keywords:** Biological Assets; Fair value; Productivity; Discounted Cash Flow, Sugarcane.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Erro na estimativa de valor justo .....	27
Figura 2- Fatores considerados pelo modelo SAMUCA.....	31
Figura 3- Comparações dos Fluxos de Caixa.....	40
Figura 4- Testes utilizados .....	46
Figura 5 - Detalhes da amostra da Usina A.....	50
Figura 6 - Gráficos das médias por Ano Safra da Usina A .....	52
Figura 7 - Boxplot do valor justo das safras da Usina A.....	54
Figura 8 - Detalhes da amostra da Usina B .....	62
Figura 9 - Gráficos das médias por Ano Safra da Usina B .....	64
Figura 10 - Boxplot do valor justo das safras da Usina B .....	65

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1– Exemplos de ativos biológicos .....	21
Quadro 2- Principais vantagens e desvantagens do valor justo com e sem mercado ativo .....	28
Quadro 3 - Amostra das usinas do interior de São Paulo .....	41
Quadro 4 - Fontes de informação da Usina A e da Usina B .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Maiores produtores de cana-de-açúcar de 2019 .....	19
Tabela 2 - Abordagens para valor justo.....	25
Tabela 3- Quantidade de fazendas analisadas da Usina A .....	42
Tabela 4- Quantidade de fazendas analisadas da Usina B .....	42
Tabela 5- Modelos de Fluxo de caixa .....	42
Tabela 6 - Metodologia de cálculo do modelo tradicional .....	43
Tabela 7- Comparação entre pares do estudo.....	45
Tabela 8- Fatores de conversão de ATR em açúcar e etanol .....	47
Tabela 9 - Estimativa do valor justo da cana em desenvolvimento .....	48
Tabela 10 - Estatística Descritiva da Amostra Geral da Usina A.....	51
Tabela 11 - Teste de normalidade Shapiro-Francia da Usina A.....	56
Tabela 12 - Teste de comparação dos três modelos das medidas de produtividade da Usina A. 57	
Tabela 13 - Teste de comparação de pares das medidas de produtividade da Usina A .....	58
Tabela 14 - Teste de comparação dos três modelos dos números contábeis da Usina A .....	60
Tabela 15 - Teste de comparação de pares dos cálculos contábeis da Usina A .....	60
Tabela 16 - Estatística Descritiva da Amostra Total da Usina B .....	62
Tabela 17 - Teste de normalidade Shapiro-Francia da Usina B .....	67
Tabela 18 - Teste de comparação entre os modelos das medidas de produtividade da Usina B. 68	
Tabela 19 - Teste de comparação de pares dos indicadores de produtividade da Usina B .....	69
Tabela 20 - Teste de comparação entre os três modelos dos números contábeis da Usina B .....	70
Tabela 21 - Teste de comparação de pares dos números contábeis da Usina B.....	71
Tabela 22 - Resultados das Usinas .....	72

## **LISTA DE SIGLAS**

ATR - Açúcar total recuperável

TCH - Tonelada de cana por hectare

VJ - Valor justo

POL - Porcentagem de oligossacarídeos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1. Contexto da cana-de-açúcar</b> .....	19
<b>2.2. Ativos biológicos e produtos agrícolas (IAS 41)</b> .....	21
<b>2.3. Valor justo</b> .....	24
<b>2.4. Modelos de previsão de cana-de-açúcar</b> .....	29
<b>2.5. Estudos anteriores</b> .....	32
<b>2.6. Apresentação da hipótese de pesquisa</b> .....	36
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	39
<b>3.1. Materiais</b> .....	40
<b>3.2. Métodos</b> .....	42
3.2.1. Método de cálculo dos fluxos de caixa .....	46
<b>4. RESULTADOS</b> .....	49
4.1. Usina A.....	50
4.1.2. Testes de Comparação da Usina A.....	55
4.2. Usina B.....	61
4.2.1 Testes de Comparação da Usina B.....	66
<b>4.3. Síntese dos Resultados</b> .....	71
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	77

## 1. INTRODUÇÃO

A adoção da IAS 41 – *Agriculture* impactou o processo de contabilização dos ativos biológicos e produtos agrícolas. Na mensuração, o recomendado é a utilização do valor justo para precificar os ativos biológicos. Contudo, a definição do preço irá depender do mercado, sendo que é possível que não exista liquidez do ativo suficiente para efetuar sua precificação (IAS 41, 2001). Essa condição é realidade de alguns ativos biológicos (Figueira & Ribeiro, 2015; Moura & Silva, 2020; Santos, Gomes, de Brito, Gaio & Furlan, 2015, Santos & Silva, 2018; Rech & Pereira, 2012; He, 2020), exigindo discricionariedade dos gestores para definir premissas que nem sempre representam o benefício econômico que o ativo pode entregar à organização (Eilifsen, Hamilton & Messier, 2020; Herbohn & Herbohn, 2006; He, 2020; Barth, 2004).

Dessa forma, a escolha da fonte de informação das estimativas pode influenciar a representação fidedigna do valor contábil e, conseqüentemente, a qualidade da informação. No conceito de representação fidedigna, existe a necessidade de avaliar as condições de incerteza associadas ao processo, evitando ou diminuindo a possibilidade de superavaliar ou subavaliar ativos e passivos. No contexto dos ativos biológicos, a superavaliação ou subavaliação do ativo mensurado a valor justo pode influenciar o resultado da empresa, já que os ganhos e perdas são divulgados independentemente da venda do ativo (Penman, 2007; Ayres, Huang & Myring, 2016; Mikuska, Stroparo, Ribeiro & Klosowski, 2017).

Ao avaliar estudos relacionados aos ativos biológicos, observa-se que a literatura se concentra no *value relevance* da base de mensuração (Argilés-Bosch, Garcia-Blandon & Monllau, 2011; Wukich, 2019; Hadiyanto, Puspitasari & Ghani, 2018; Huffman, 2018; Argilés-Bosch, Miarons, Garcia-Blandón, Benavete & Ravenda; 2018; Silva Filho, Martins & Machado, 2013) e na divulgação de ativos biológicos (Carvalho, Paulo, Sales & Ikuno, 2013; Rocha, Oliveira, Loose & Porto, 2016; Figueira & Ribeiro, 2015, Moura & Silva, 2020; Scherer, Munhoz & Roth, 2014). Entretanto, existem estudos voltados para a compreensão de condições de ativos biológicos específicos, dada a gama de plantas e animais vivos encontrados, a fim de representar suas especificidades, evidenciando também suas características contábeis (Rech & Pereira, 2012; Herbohn & Herbohn, 2006; Machado, Martins & Carvalho, 2014; Rocha, Oliveira, Loose & Porto, 2016; Hadiyanto, Puspitasari & Ghani, 2018). Isso mostra que

existem diversos ativos biológicos possuem características particulares que podem afetar seu valor contábil.

No entanto, é recorrente a realização de estudos com extensa base de dados que englobam vários ativos biológicos, apresentando análises generalizadas desses ativos (Gonçalves, Lopes & Craig, 2017; Lerner, Machado, Vendruscolo & Victor, 2020; Scherer, Munhoz & Roth, 2014; Silva, Ribeiro & Carmo, 2015; Hadiyanto, Puspitasari & Ghani, 2018; He, Wright & Evans, 2018; Huffman, 2018; Silva, Nardi & Ribeiro, 2015). Eles são importantes para fornecer evidências sobre a eficácia da IAS 41 de maneira geral, porém, não identificam diferenças e especificidades de ativos biológicos particulares.

Dentre a gama de ativos biológicos existentes, optou-se por estudar a cana-de-açúcar em função de alguns aspectos. Primeiramente, poucos estudos se concentram em discussão sobre ativos biológicos resultantes de *bearer plants* (Silva, Nardi, Mendes, & Oliveira, 2022; Acuña, Pinto, Cancino, & Sandoval, 2020; Cavalheiro, Gimenes, Binotto & Fietz, 2019; Machado, Martins, & Carvalho, 2014). Em segundo lugar, a cana-de-açúcar foi considerada a colheita primária mais produzida do mundo em 2019, representando 21% da produção mundial de culturas, sendo a principal *commodity* encontrada (FAO, 2021), sendo importante para países como: Brasil, Paquistão, México, Colômbia e Austrália (FAOSTAT, 2020), os quais adotam as *IFRS – International Financial Reporting Standards*. Já no cenário nacional, o Brasil se consagrou como o maior produtor de cana-de-açúcar em 2019 (FAOSTAT, 2020), o que configura sua importância estratégica para o país, sendo o maior produtor e exportador de açúcar (Vidal, 2021).

Em terceiro lugar, ao avaliar as pesquisas voltadas para contabilidade da cana-de-açúcar, destacaram-se duas que avaliam a construção do valor justo da cana-de-açúcar: i) uma delas utiliza uma empresa hipotética para evidenciar o processo de mensuração da cana-de-açúcar (Silva, Nardi, Mendes, & Oliveira, 2022); ii) a outra pesquisa inova ao usar o modelo agrometeorológico de Doorenbos e Kassam (1979) para mensurar a cana, a fim de melhorar a qualidade da informação contábil de uma empresa específica (Cavalheiro, Gimenes, Binotto & Fietz, 2019).

De acordo com as pesquisas anteriores analisadas, há indicativos de diferentes escolhas nas premissas utilizadas para a mensuração do valor justo da cana-de-açúcar

(Biljon & Wingard, 2020; Cavalheiro, Gimenes & Binotto 2019). Complementarmente, encontram-se estudos voltados para avaliar as transformações biológica de plantas no campo da agronomia, permitindo estimar a produção futura das culturas, o que pode ser considerada uma condição essencial para avaliar o ativo biológico (Doorenbos e Kassam, 1979; Vianna, Marin & Pilau, 2017; Marin, 2014; Marin & Jones, 2014). Por outro lado, a produtividade da cana-de-açúcar pode ser estimada pela média de safras passadas, ou seja, usando-se de dados históricos de produtividade (Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019). Com isso, observa-se que não há consenso na avaliação da produtividade.

Nesse sentido, o modelo SAMUCA<sup>1</sup> de Marin (2014) pode contribuir para essa avaliação, devido a sua maior robustez em relação ao de Doorenbos e Kassam (1979), pois não restringe sua estimativa somente a fatores hídricos da planta, contemplando também fatores como radiação solar, temperatura do ambiente, chuva, e outros relacionados ao desenvolvimento da planta (Marin, 2014). Ao capturar mais variáveis para fazer a previsão de produtividade, espera-se uma superioridade de identificação dos pontos críticos e, conseqüentemente, uma definição mais apurada da produtividade.

Neste contexto, há uma abrangência do CPC 29 para suportar todos os ativos biológicos, sem diretrizes mais específicas para mensurar os mesmos, permitindo uma flexibilidade na escolha de estimativas, inclusive para o caso da cana-de-açúcar. Conseqüentemente, pode-se causar uma incerteza na representação fidedigna da avaliação desse ativo biológico. Além disso, Barth (2004) menciona que há volatilidade do erro do valor justo oriundo da qualidade das estimativas utilizadas. Ou seja, a discricionariedade das fontes de informação utilizadas pode interferir nos modelos de mensuração, resultando em demonstrações contábeis pouco informativas, principalmente no que diz respeito à representação fidedigna e utilidade da informação. Enfatiza-se ainda que não há literatura com enfoque na avaliação das características qualitativas do valor justo dos ativos biológicos, mais especificamente da cana-de-açúcar.

Assim, surgiu a seguinte pergunta de pesquisa: **qual estimativa de produtividade traz maior representação fidedigna ao valor justo da cana em**

---

<sup>1</sup> Simulador Agrônômico modUlar para Cana-de-Açúcar (Marin, 2014).

**desenvolvimento?** Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo geral comparar representação do valor justo a partir dos *inputs* de produtividade da cana-de-açúcar gerados pelos modelos tradicional e futuro. Assim, foi investigado o efeito da produtividade no valor justo da cana em desenvolvimento<sup>2</sup>, usando-se das seguintes fontes de informação: i) via produtividade futura (modelo futuro), ou de processos biofísicos (SAMUCA); e ii) via produtividade tradicional (modelo tradicional), considerando as estimativas por meio das médias das safras anteriores. O modelo base corresponde ao ponto de comparação, uma vez que é composto por informações de produtividade da área agrícola de duas usinas de açúcar e etanol.

Deste modo, os objetivos específicos deste trabalho são: i) confrontar os indicadores de produtividade calculados pelo modelo tradicional com o modelo base, sendo os indicadores: o açúcar total recuperável, tonelada de cana por hectare e tonelada de cana, que são base para o cálculo dos números contábeis; ii) confrontar os números contábeis (receita, custo e valor justo) do modelo tradicional com o modelo base; iii) comparar os indicadores de produtividade do modelo futuro com o modelo base; iv) confrontar os números contábeis estimados pelo modelo futuro com o modelo base.

Para realização do estudo, foram calculados fluxos de caixa de duas usinas do interior do estado de São Paulo, utilizando três fontes de informação de produtividade, sendo elas: produtividade baseada no i) modelo base, com dados da área agrícola; ii) modelo tradicional, com dados históricos; e iii) modelo futuro, com dados do modelo SAMUCA. Em seguida, aplicaram-se testes de comparação para confrontar os indicadores de produtividade e, também, os números contábeis. Dessa forma, é possível avaliar as diferenças e similaridades entre os modelos analisados, além de investigar como os indicadores de produtividade influenciam os números contábeis.

A inovação dessa pesquisa consiste em avaliar a produtividade sob uma ótica da agronomia, considerando que na área contábil não foi possível acompanhar os resultados obtidos em pesquisas mais recentes sobre avaliação da produtividade. Na literatura somente há um estudo com enfoque agrônomo, tendo em vista a construção do fluxo de caixa da cana-de-açúcar, porém, com uma técnica agrônoma de avaliação

---

<sup>2</sup> Cana em desenvolvimento ou cana em pé. A aplicação do valor justo foi restringida para os produtos agrícolas, que, no caso da cana, equivale à cana em pé, ou seja, a cana colhida após um período de 12 a 18 meses, dependendo da época do plantio. O canavial é mensurado ao custo, saindo do escopo dessa pesquisa.

de produtividade menos recente (Cavalheiro, Gimenes, Binotto & Fietz, 2019). Ao ampliar a discussão dos *inputs* de produtividade, a contribuição está em demonstrar para as usinas, órgão regulador, pesquisadores e usuários evidências que destaquem os efeitos da flexibilidade da escolha da produtividade com dois modelos distintos. O impacto principal é criar suporte para a integração de conhecimentos da agronomia e contabilidade, já que a norma do CPC 29 se apoia em conteúdos que não são de domínio total da contabilidade, exigindo conhecimentos adicionais de plantas e animais para avaliação dos ativos biológicos das companhias. Esse estudo também pode servir de ponto de reflexão para empresas que possuam outras culturas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Contexto da cana-de-açúcar

O agronegócio é importante no contexto mundial, uma vez que o valor adicionado global vinculado à agricultura, pesca e silvicultura durante o período de 2000 a 2018 foi de 68%. Ademais, o PIB global voltado para a agricultura foi de 4,2% em 2018, o que contribui para a geração de emprego no setor, visto que 27% dos trabalhadores empregados mundialmente em 2019 estão alocados no setor de agricultura (FAO, 2021). Devido à relevância da agricultura, destaca-se que em 2019, dentre as colheitas primárias existentes, 51% da produção mundial é distribuída entre a cana-de-açúcar, milho, trigo e arroz (FAO, 2021), sendo que a *commodity* com maior participação é a cana-de-açúcar, com 21% dos 51%, e os demais 30% estão divididos, respectivamente, em milho, arroz, trigo, batata, soja e outros.

Dessa forma, confirma-se que a cana-de-açúcar é importante para o desenvolvimento mundial do setor agrícola. Já no cenário brasileiro, dentre as culturas existentes, o Brasil se consagra como o maior produtor de cana-de-açúcar em 2019, seguido pela Índia e Tailândia, respectivamente (FAOSTAT, 2020). Além disso, os maiores produtores de cana-de-açúcar estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Maiores produtores de cana-de-açúcar de 2019

País	Toneladas produzidas	Posição
Brasil	752.895.389	1º
Índia	405.416.180	2º
Tailândia	131.002.173	3º
China	109.963.447	4º
China continental	109.388.100	5º
Paquistão	66.880.011	6º
México	59.334.059	7º
Colômbia	32.662.952	8º
Austrália	32.415.352	9º
Indonésia	29.100.000	10º

Fonte: FAOSTAT, (2020).

Pela tabela 1, percebe-se que os países Paquistão, México, Colômbia e Austrália tem grande produção de cana-de-açúcar, e ainda adotam IFRS, o que significa que, essas economias também podem encontrar dificuldades na determinação da produtividade da cana. Neste sentido, ao pesquisar sobre as dificuldades da mensuração da cana no Brasil, outros países podem ser beneficiados com os resultados obtidos. A importância econômica e social da cana-de-açúcar para os países é resultado da

capacidade estratégica dessa *commodity* para os mesmos. Além disso, a grande produção mundial da cana-de-açúcar reflete a relevância econômica dos produtos que são viabilizados por sua plantação.

Um dos produtos é o etanol, que é produzido a partir da cana-de-açúcar e do milho, sendo que, no cenário brasileiro, a expressividade da produção de etanol via cana-de-açúcar se destaca. Outro incentivo para estudar a cana de açúcar repousa na vantagem competitiva que o etanol possui em relação a outras fontes de combustíveis, devido a seu potencial de redução de poluentes, auxiliando na preservação do meio ambiente (Alkimim & Clarke, 2018; Goldemberg, Coelho & Guardabassi, 2008). De maneira complementar, o etanol é um biocombustível que tem uma produção considerada “limpa”, pois a cana-de-açúcar absorve o CO<sub>2</sub> que é produzido pelo etanol durante seu ciclo (Goldemberg, Coelho & Guardabassi, 2008). Uma iniciativa do governo brasileiro que reforça a importância do etanol se deu pela criação do programa *RenovaBio*<sup>3</sup>, que impulsiona a inserção de biocombustíveis, difundindo o conceito de sustentabilidade no país e focando em estratégias que viabilizam a descarbonização dos combustíveis (Brasil, 2020). Assim, nota-se o desenvolvimento de incentivos para a produção de etanol.

Outro produto comercializado a partir da cana-de-açúcar é o açúcar, que pode ser distribuído para as principais indústrias de alimentos e bebidas em território brasileiro. Já no âmbito da exportação brasileira, os importadores de açúcar são países como China, Argélia, Bangladesh, Índia e Indonésia (Nachiluk, 2021). De acordo com as condições econômicas dos produtos, podem ocorrer ajustes no encaminhamento da cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol, sendo o *mix* de produção definido conforme a safra em questão. Os fatores que influenciam a decisão do *mix* são: cotação do mercado interno e externo do açúcar e etanol, o câmbio e o preço do petróleo (Vidal, 2021). Dessa forma, essa proporção é estabelecida e provém uma vantagem competitiva interessante para as usinas.

A cana-de-açúcar é uma cultura importante no mercado interno e externo, conforme visto anteriormente. Ela é classificada em sua etapa de desenvolvimento como

---

<sup>3</sup> A Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis faz a certificação da importação e produção de biocombustíveis, criando as metas de descarbonização e checando seu cumprimento conforme as diretrizes do *Renovabio*, criados em 2019 (Brasil, 2022).

um ativo biológico, regido pela norma CPC 29 ou IAS 41. A fim de identificar como é realizado o tratamento contábil da cana, serão apresentadas as diretrizes fornecidas pelo IFRS.

## 2.2. Ativos biológicos e produtos agrícolas (IAS 41)

Como o presente estudo volta-se para a cana de açúcar, classificada como um ativo biológico, esta seção discute as disposições da IAS 41. A IAS 41 é considerada como uma norma tardia por alguns autores, pois defendem que, as atividades agropecuárias merecem mais atenção devido a sua importância no desenvolvimento mundial (Marsh & Fisher, 2013; Machado, Martins & Carvalho, 2014; Gonçalves, Lopes & Craig, 2017). Porém, mesmo que tardiamente, em dezembro de 2000 foi lançada a IAS 41, com o objetivo apresentar o tratamento contábil e divulgação dos ativos biológicos e produtos agrícolas. Essa norma se equivale ao CPC 29 – Ativo Biológico e Produto Agrícola, divulgado em 2009. Por definição, os ativos biológicos são animais e plantas vivos, sendo que, o produto agrícola é colhido por meio do ativo biológico (IAS 41).

Devido à diversidade de animais e plantas existentes, a norma engloba vários tipos de ativos biológicos e produtos agrícolas. Dessa forma, são detalhados alguns exemplos na IAS 41 conforme Quadro 1.

Quadro 1– Exemplos de ativos biológicos

Ativos biológicos	Produto agrícola	Produtos resultantes do processamento após a colheita
Carneiros	Lã	Fio, tapete
Plantação de árvores para madeira	Árvore cortada	Tora, madeira serrada
Gado de leite	Leite	Queijo
Porcos	Carcaça	Salsicha, presunto
Plantação de algodão	Algodão colhido	Fio de algodão, roupa
Cana-de-açúcar	Cana colhida	Açúcar
Plantação de fumo	Folha colhida	Fumo curado
Arbusto de chá	Folha colhida	Chá
Videira	Uva colhida	Vinho
Árvore frutífera	Fruta colhida	Fruta processada
Palmeira de dendê	Fruta colhida	Óleo de palma
Seringueira	Látex colhido	Produto da borracha

Fonte: IAS 41.

Nesse contexto, os ativos biológicos são diretamente relacionados às atividades agrícolas, que têm como seu enfoque a administração da colheita e a transformação

biológica (CPC 29, item 5, p. 3). No escopo das atividades agrícolas, apresenta-se a gestão de aspectos associados aos animais e/ou plantas vivos, como: i) capacidade de mudança; ii) gerenciamento da mudança e iii) mensuração da mudança (CPC 29, item 6, p. 4). Além disso, pontua-se que, a transformação biológica é refletida nas mudanças dos ativos por meio de crescimento, degeneração ou procriação, ou até mesmo da produção de produtos agrícolas (CPC 29, item 7, p. 4).

Sendo assim, os ativos biológicos diferem fundamentalmente de outros ativos, pois estão sujeitos a transformações biológicas que tem impacto nos benefícios econômicos futuros atrelados aos animais e plantas vivos (Bohušová, Svoboda & Nerudová, 2012; Brito, Ribeiro, Martins & Lemes, 2014; Machado, Martins & Carvalho, 2014). A avaliação desses ativos considera que o valor vai sendo adicionado em função do crescimento do ativo, e não por sua venda (Machado, Martins & Carvalho, 2014).

Ou seja, há a necessidade de capturar e mensurar sua transformação biológica para efetuar o tratamento contábil dos ativos biológicos. Essa atividade, apesar de estar disposta na norma contábil, pode exigir profissionais vinculados a outras áreas da organização, como do setor agrícola ou pecuário, providenciando informações técnicas que favoreçam e auxiliem nessa função (Biljon & Wingard, 2020; Machado, Martins & Carvalho, 2014).

Além disso, o CPC 29 indica a base de mensuração dos ativos biológicos, priorizando o uso do valor justo. Dessa forma, para realizar a mensuração dos mesmos é necessário seguir as diretrizes fornecidas pelo CPC 46. Porém, conforme o Quadro 1, existe uma variedade de ativos biológicos a serem avaliados, o que indica uma alta complexidade para o CPC 46 atender a demanda de todos os ativos.

Nesse contexto, observa-se a possibilidade de entendimentos diversos da avaliação do ativo dentro da mesma cultura, o que se corresponde a uma interpretação múltipla permitida pelos preceitos da norma contábil (Biljon & Wingard, 2020; Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019; Moura & Silva, 2020). Marsh & Fisher (2013) também pontuam que os países e setores podem ter visões diferentes sobre as orientações agrícolas, impossibilitando a uniformidade entre eles. Ou seja, a falta de critérios específicos por cultura no texto da norma gerou uma demanda por orientações mais específicas vindas de outras organizações, que confeccionam documentos para

auxiliar na avaliação dos ativos biológicos (Machado, Martins & Carvalho, 2014). Um exemplo seria a cartilha da Ibape (2019) chamada “Avaliação de ativos biológicos a valor justo para fins de atendimento às normas contábeis” que apresenta as diretrizes para efetuar a avaliação da cana-de-açúcar, florestas, grãos, laranja e semoventes. A IBAPE é uma entidade composta por arquitetos, engenheiros e empresas que tem ações na área de avaliações, perícias e inspeções realizando cursos, seminários, palestras, workshops (Ibape, 2019). As diretrizes da cartilha relacionadas à cana-de-açúcar são evidenciadas na metodologia deste trabalho:

... que tem por objetivo facilitar o entendimento, a interpretação e o atendimento a normas contábeis pelos profissionais de avaliação, em especial ao “CPC 29 – Ativo Biológico e Produto Agrícola” e ao “CPC 46 – Mensuração do Valor Justo”, bem como demonstrar a aplicação das técnicas de avaliação para mensuração a valor justo dos ativos biológicos (Ibape, 2019, pág. 6).

Dessa forma, a cartilha funciona como um material adicional para realização da análise do CPC 29 e CPC 46, auxiliando no atendimento da mensuração a valor justo dos ativos biológicos. Com a necessidade de complementação de informações por meio da cartilha para o pleno entendimento da norma, entende-se que a norma pode não fornecer base suficiente para a realização da avaliação dos ativos biológicos pelos usuários internos, evidenciando a complexidade do processo.

Biljon & Wingard (2020) identificaram que a falta de experiência de alguns profissionais no processo de avaliação poderia ser um dos entraves para precificar os ativos biológicos. Herbohn & Herbohn (2006) também citaram que a norma CPC 29 pode ser considerada como muito acadêmica e com pouca aplicação prática, o que pode desencadear a necessidade de materiais mais didáticos aos profissionais do setor. Cada ativo possui suas características específicas, com sazonalidade, ciclo de vida, mercado consumidor, o que pode afetar sua avaliação.

Para avançar nesse assunto, é necessário discutir o CPC 46, norma do valor justo, que é o principal método de avaliação colocado pelo CPC 29. Assim, foi possível compreender como é construída a mensuração e quais são os pontos principais contidos na norma em questão.

### 2.3. Valor justo

A norma IAS 41, publicada em 2000, recomenda o uso do valor justo para mensuração dos ativos biológicos, exceto se não puderem ser mensurados confiavelmente (IAS 41, item 12). Atualmente, a IFRS 13 (CPC 46) orienta como deve ser realizada a mensuração a valor justo. Por definição, o valor justo é “...o preço que seria recebido pela venda de um ativo ou que seria pago pela transferência de um passivo em uma transação não forçada entre participantes do mercado na data de mensuração” (CPC 46, item 9). Enfatiza-se que o termo “valor justo” não pode ser alterado simplesmente pelo termo “valor de mercado” devido à necessidade de precificar ativos e passivos que não possuem mercado ativo (Iudícibus & Martins, 2007).

Ao mensurar o ativo biológico, é necessário que os ganhos e perdas relacionados a mudanças no valor dos ativos sejam incluídas no resultado no momento em que são apurados, reconhecendo os ganhos e perdas não realizados financeiramente no resultado antes da venda (Herbohn & Herbohn, 2006). Isso traz tempestividade às demonstrações contábeis, visto que os dados contábeis são atualizados conforme o crescimento do ativo biológico (Penman, 2007).

A definição do preço de venda do ativo ou transferência do passivo irá depender da atividade do mercado. Frisa-se que a norma explicita que a preferência deverá ser pela utilização de preços observáveis no mercado, e, em último caso, é concedida permissão para uso de dados não observáveis (CPC 46). Assim, se existe liquidez de mercado para determinado ativo, e o preço do mesmo é observável, pode-se classificá-lo no nível 1 da hierarquia de valor justo (CPC 46).

Por sua vez, o nível 2 considera o preço verificável diretamente ou indiretamente no mercado, seja de ativos similares que possuem mercado ativo; ou ativos que são similares que não possuem mercado ativo; ou tudo aquilo que seja observável, com exceção do preço cotado em mercado. Quanto ao nível 3, utilizam-se dados não observáveis na mensuração do valor justo, usando técnicas de avaliação, devido à falta de mercado ativo (CPC 46).

Considerando o último nível da hierarquia, é possível utilizar a abordagem de mercado, de receita e de custo (CPC 46). Eles estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Abordagens para valor justo

Abordagens	Descrição
Abordagem de mercado	Utiliza preços e outras informações relevantes geradas por transações de mercado envolvendo ativos ou passivos idênticos ou comparáveis.
Abordagem de receita	Converte valores futuros (p.ex., fluxos de caixa ou receitas e despesas) para um único valor presente (descontado).
Abordagem de custo	Reflete o valor que seria exigido atualmente para substituir a capacidade de serviço de um ativo (custo de substituição atual).

Fonte: CPC 46 (p. 20)

No caso da abordagem de receita, o preço é calculado como se o mercado existisse (hipotético), podendo ser calculado por meio do valor presente do fluxo de caixa futuro descontado a uma taxa (Barth, 2004). Dessa forma, o valor do ativo se concretiza como seu valor potencial no mercado, sendo a soma de preços futuros de mercado de tudo que se obterá descontados por fator de probabilidade e juros para alcançar o valor atual (Tinoco, 1992).

A abordagem de receita também contempla o cálculo por meio dos Ganhos Excedentes em Múltiplos Períodos (CPC 46). No caso dos Ganhos Excedentes em Múltiplos Períodos (MPEEM), considera-se a organização como um conjunto de ativos que garantem a receita e o fluxo de caixa. Para calcular o valor do ativo biológico, são considerados os efeitos de todos os ativos da organização, e retira-se o efeito dos ativos contributórios (*Contributory Asset Charge*), sobrando o ativo principal que pode ser considerado, neste caso, a planta viva (ou em crescimento) (Ibape, 2019). Assim, como deseja-se identificar somente o valor do animal ou planta viva, esse método pode ser utilizado.

No caso da cana, é avaliada a receita referente à cana em desenvolvimento e são descontados os efeitos dos ativos contributórios, sendo eles: a máquina, terra, planta portadora (soqueira), e, ao excluir seus efeitos, resta o ganho residual ou “*excess earning*” referente ao ativo biológico em questão (Ibape, 2019). Dessa forma, quando avalia-se o canavial, o ativo biológico principal é a própria cana, de forma que a soqueira é considerada um ativo contributório, retirando seu efeito no momento da mensuração (Ibape, 2019). Além disso, podem-se utilizar outras técnicas para cálculo do valor justo nessa abordagem, como o modelo de precificação de opções Black-Scholes-Merton ou técnicas binomiais (Rech & Pereira, 2012).

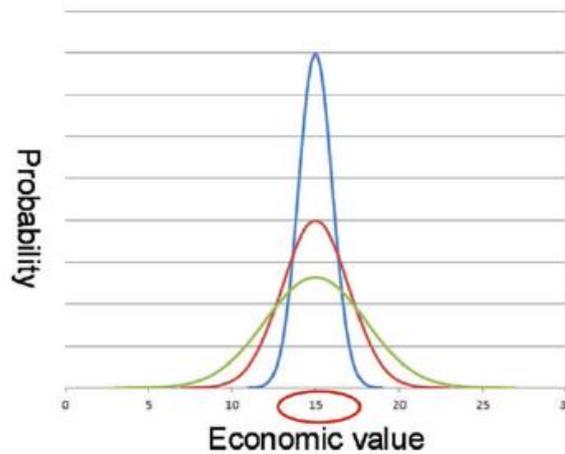
Um dos métodos mais utilizados em relação aos ativos biológicos é o fluxo de caixa descontado (Rech & Pereira, 2012; Machado, Martins & Carvalho, 2014). Nesse caso, há o reflexo da volatilidade nas demonstrações financeiras, e, ao avaliar individualmente ativos e passivos, as fontes de volatilidade podem ser divididas em: i) volatilidade relacionada ao erro de estimação, ii) volatilidade inerente e iii) volatilidade de mensuração mista (Barth, 2004).

A volatilidade inerente está relacionada ao reflexo das condições econômicas na avaliação dos ativos e passivos, já que a avaliação irá depender de situações futuras para ser concretizada. Quando o valor justo é calculado por meio de fluxo de caixa, não existe garantia que as estimativas irão ser concretizadas, então pode existir a volatilidade relacionada ao erro de estimação, que será relacionado à qualidade das estimativas realizadas para construção de seu valor justo. No entanto, quando há mercado ativo, a volatilidade do erro é pequena já que utiliza fonte de informação mais confiável (Barth, 2004; Jana e Marta, 2014). A volatilidade de mensuração mista é oriunda de quando ativos e passivos diferem em sua base de mensuração, podendo gerar efeitos econômicos que não são reconhecidos no balanço patrimonial (Barth, 2004).

Quando se observa a realidade do valor justo da cana de açúcar, pode-se considerar uma variação econômica, ou volatilidade inerente, efeitos relacionados a mudança na precificação do ativo relativos a oferta e demanda do mercado interno e externo. Já a volatilidade do erro é vinculada a qualidade das estimativas, como por exemplo, previsões de açúcar total recuperável ou tonelada de cana por hectare, o que interfere diretamente na construção do valor justo.

Barth (2018) afirma que, ao considerar o cenário de dados não observáveis, é natural que existam erros que refletem as condições econômicas do ativo ou passivo. A Figura 1 contém a distribuição do valor econômico de um ativo, indicando as possíveis dispersões que podem existir no valor justo, centradas na média 15 (hipotética).

Figura 1- Erro na estimativa de valor justo



Fonte: Barth (2018).

Nesse aspecto, não existe um valor pré-definido de quanto erro (ou dispersão) pode ser determinado como “alto” ou “baixo”, no entanto, isso pode ser definido com base na comparação com a dispersão fornecida pelo custo histórico, já que o custo histórico é mais consistente com o tempo (Barth, 2018). Porém, a autora considera que o prejuízo fornecido pela ausência de representação econômica do custo histórico pode ser um fator prejudicial, e pode ser impossível comparar o erro de estimação entre as duas bases de mensuração (Barth, 2018).

Ainda, o valor justo é um assunto muito estudado na literatura. Por isso, é necessário apresentar as suas vantagens e desvantagens para guiar a discussão deste trabalho, e, definir quais são seus benefícios e pontos de melhoria. Para começar, apresenta-se o Quadro 2, com as principais vantagens e desvantagens da mensuração a valor justo dos ativos biológicos com e sem mercado ativo:

Quadro 2- Principais vantagens e desvantagens do valor justo com e sem mercado ativo

Vantagens	Fonte	Desvantagens	Fonte
Quando existe mercado ativo para os ativos biológicos, facilita a avaliação dos investidores, ofertando um ponto de vista econômico.	Jana e Marta (2014), Penman (2007), Machado, Martins e Carvalho (2014).	Preços cotados podem ser diferentes dos realizados.	Jana e Marta (2014), Penman (2007), Machado, Martins e Carvalho (2014).
Mais confiável quando avaliado com existência de mercado ativo.	Jana e Marta (2014), Herbohn e Herbohn (2006).	Reconhecimento de ganhos antes da realização pode levar ao aumento de ganhos não realizados.	Jana & Marta (2014), Herbohn e Herbohn (2006).
É mais relevante, e representa de maneira mais fidedigna a transformação biológica.	Herbohn e Herbohn, (2006), Penman, (2007), Rech e Pereira (2012).	Traz maior volatilidade para o resultado.	Penman (2007), Barth (2004), Herbohn e Herbohn (2006), Cretu, Cretu e Muscănescu (2014).
Possibilidade de reavaliação do ativo, refletindo as mudanças no rendimento da organização, trazendo mais tempestividade ao resultado.	Jana e Marta (2014), Penman (2007).	Processo de reavaliação anual pode trazer maiores custos.	Machado, Martins e Carvalho (2014).
Busca refletir o valor de mercado em sua mensuração.	Penman (2007).	A avaliação sem mercado ativo possui subjetividade nas estimativas que pode influenciar a confiabilidade da informação e há a possibilidade de manipulação de resultado.	Herbohn e Herbohn (2006), Eilifsen, Hamilton e Messier (2020), Rech e Pereira (2012), Machado, Martins e Carvalho (2014), Cretu, Cretu e Muscănescu (2014), Barth (2004), Song, Thomas e Yi (2010).
		Dificuldade de atestar a qualidade do valor justo a nível 3, devido à dificuldade em determinar erros, vies e aleatoriedade nas estimativas.	Penman (2007), Song, Thomas & Yi (2010).
		Possui muito erro de estimação que normalmente não é divulgado, quando comparado ao custo histórico.	Barth (2018).
		Complexidade da avaliação a nível 3.	Herbohn e Herbohn (2006), Jana e Marta (2014), Machado, Martins e Carvalho (2014).

Além disso, segundo Herbohn e Herbohn (2006), a norma é muito acadêmica e pouco focada em aspectos práticos dos ativos biológicos, podendo gerar informações potencialmente distorcidas. Ademais, observa-se que há uma série de desvantagens

relacionada à avaliação sem mercado ativo dos ativos biológicos identificadas pelos autores citados. Isso fornece um contexto favorável a novas pesquisas, já que a identificação dos seus pontos de melhoria já foi realizada, restando aos acadêmicos à oportunidade de apresentar soluções.

#### **2.4. Modelos de previsão de cana-de-açúcar**

O sistema agrícola é dependente de vários fatores que influenciam a produtividade das culturas (Figueira & Rolim, 2020). Alguns deles são: condições climáticas (Kumar, 2014; Zhao & Li, 2015; Ramburan, Zhoua & Labuschagne, 2011; Aude, 1993), balanço hídrico (Doorenbos & Kassam, 1979; Rudorff & Batista; 1990), estágio da cultura (Ramburan, Zhoua & Labuschagne, 2011; Rudorff & Batista; 1990), aspectos do solo (Pilau & Marin, 2019; Aude, 1993).

Sobre as condições climáticas, enfatiza-se que a atividade agrícola é dependente de fatores meteorológicos que inclui a temperatura, radiação solar, velocidade do vento e chuva. Essas condições influenciam diretamente no desenvolvimento e na produtividade das colheitas, uma vez que afetam o processo metabólico das plantas. O campo que estuda as condições meteorológicas, hidrológicas, pedológicas e biológicas é a agrometeorologia (Bambini et al., 2015). Essa área de pesquisa evoluiu com o tempo, e permitiu a criação de sistemas que detectam essas condições e auxiliam na previsão e no controle relacionados às condições do solo, planta e atmosfera na qual a planta está localizada (Vianna, Marin & Pilau, 2017).

Assim, tem-se que o rendimento das colheitas depende de fatores agronômicos e ambientais, e compreender a interação entre esses fatores é necessário para criar modelos de previsão de colheita mais eficientes (Ferraro, Rivero & Ghera, 2009). Nesse contexto, os modelos de cultura baseado em processos, que, neste trabalho são de modo genérico denominados modelos agrometeorológicos de produção vegetal, buscam representar o desenvolvimento da planta por meio de equações fundamentadas em fatores pedológicos<sup>4</sup> e climáticos (Marin, 2014). Esses modelos consistem em uma representação matemática da cultura por meio de equações e códigos de programação, permitindo efetuar previsões futuras (Pilau & Marin, 2019).

---

<sup>4</sup>Relacionados ao solo

O modelo de Doorenbos e Kassam (1979) é um modelo agrometeorológico que focou na avaliação do rendimento da cultura condicionada somente a fatores hidrológicos. Os indicadores relacionados ao solo, fertilização e data da colheita não são abordados por esse modelo (Rudorff & Batista, 1990). Esse modelo não é considerado um modelo baseado em processos e foi lançado em 1979, refletindo a produtividade da cana-de-açúcar considerando que, os “...déficits de água nas plantações e o estresse hídrico resultante na planta têm efeito na evapotranspiração da cultura e no rendimento da cultura” (Doorenbos & Kassam, 1979, p. 10).

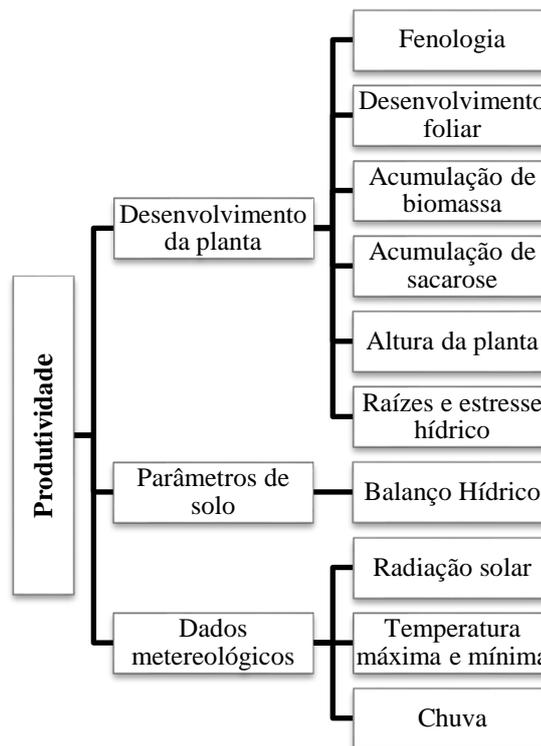
Já o modelo baseado em processos SAMUCA (Simulador Agrônômico modular para Cana-de-Açúcar) é uma proposta que utiliza algoritmos a fim de determinar a produtividade da cana-de-açúcar, também sendo aplicada a cultura de soja e milho. É mais conhecida como modelagem com enfoque em processos biofísicos, realizando estimativas através de dados específicos das culturas, como: fenologia<sup>5</sup>, desenvolvimento da planta, fotossíntese, acumulação de biomassa e de sacarose, extensão da planta, estresse hídrico e água do solo. Além disso, informações do solo e clima da região onde a cultura foi plantada são usadas para determinar o crescimento e a produção das plantações de maneira adequada. Por capturar inúmeras variáveis, essa proposta se destaca, podendo oferecer suporte para efetuar a previsão das culturas com maior precisão, trazendo maior confiabilidade (Marin, 2014).

Os principais fatores considerados para a estimativa de produtividade futura do modelo SAMUCA estão dispostos na Figura 2.

---

<sup>5</sup>Fenologia é relacionada ao estudo dos fenômenos associados aos seres vivos e suas relações com as condições do ambiente e a correlação com os aspectos morfológicos (De Oliveira et al, 2018).

Figura 2- Fatores considerados pelo modelo SAMUCA



Fonte: Marin, (2014).

Atualmente, essa abordagem é aplicada no Brasil por meio do Sistema Tempocampo®. Dessa forma, os indicadores referentes às estimativas da cana-de-açúcar são processados por esse sistema, que é uma iniciativa da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) da Universidade de São Paulo (USP), sendo uma ferramenta de apoio à tomada de decisão das culturas de cana-de-açúcar, soja e milho. Os parâmetros específicos utilizados pelo modelo podem ser verificados no Anexo A.

As projeções agronômicas podem auxiliar na mensuração a valor justo dos ativos biológicos, refletindo as complexidades e os riscos climáticos que podem afetar o valor dos ativos biológicos (Cavalheiro, Gimenes, Binotto & Fietz, 2019). Considerando a complexidade do modelo de avaliação dos ativos biológicos, mensurados sem mercado ativo (Herbohn & Herbohn, 2006; Jana & Marta, 2014; Machado, Martins e Carvalho, 2014), existem incertezas que são vinculadas às suas estimativas (Eilifsen, Hamilton, Messier Jr, 2017; Beaver, 1998).

Dessa forma, a agronomia pode ser muito útil ao campo contábil, uma vez o conhecimento dos modelos de previsão de produção vegetal podem contribuir com o

processo de mensuração. Assim, entende-se que o modelo ofertado por Marin (2014) pode aumentar a representação fidedigna dos ativos biológicos, melhorando a capacidade de refletir o potencial econômico da cana-de-açúcar ao avaliar adequadamente sua previsão de colheita por meio de uma abordagem determinística.

## **2.5. Estudos anteriores**

Os estudos a seguir contemplam: alguns ativos biológicos específicos, o valor justo, a produtividade dos ativos biológicos e processo de mensuração, além de pesquisas que investigam as premissas do valor justo. O objetivo é demonstrar como o presente trabalho se diferencia das demais pesquisas presentes na literatura.

Dentre os estudos de ativos biológicos específicos, importante frisar os estudos de Rech e Pereira (2012); Mikuska, Stroparo, Ribeiro e Klosowsky (2017); Machado, Martins e Carvalho (2014); Rabassi, Batalha e Albuquerque (2020); Herbohn e Herbohn (2006), os quais são detalhados a seguir.

Rech e Pereira (2012) avaliaram o caso de um pomar de laranjas hipotético e demonstraram três maneiras diferentes de mensurar o valor justo desse ativo biológico. Os resultados demonstram a dificuldade de avaliar o pomar de laranjas, apontando dificuldades na determinação do preço, produtividade e taxa de desconto. Mikuska, Stroparo, Ribeiro e Klosowsky (2017) investigaram em uma cultura de erva mate a aplicação do valor justo em uma propriedade do Paraná, e identificaram que esse tipo de mensuração afetou o balanço patrimonial da organização, bem como o seu resultado.

Machado, Martins e Carvalho (2014) buscaram aprofundar na confiabilidade no processo de avaliação das florestas, identificando os pontos de conflito no processo com a abordagem interpretativista. Os autores utilizaram a visão de Power (2010) de que a confiabilidade está mais associada à concordância dos envolvidos no processo de mensuração a valor justo, do que, com a verificabilidade. Os resultados apontam para a posição de dificuldade em determinar o preço futuro da madeira, o impacto no resultado e a incerteza da realização do valor justo. Além disso, questiona-se a viabilidade do uso do valor justo a depender do modelo de negócio, existindo aquelas empresas que possuem madeira com o intuito de utilizar como matéria prima, criando papel, celulose e pisos de madeira, por exemplo, e organizações que têm a floresta como investimento. Os autores acreditam que isso pode prejudicar a captação de informação pelo mercado

nesses casos, já que não há diferenciação específica nesse caso no momento da mensuração.

Rabassi, Batalha e Albuquerque (2020) investigaram se a adoção do valor justo pode contribuir para a tomada de decisão em uma organização canavieira. Ao calcularem indicadores financeiros sem e com o valor justo e compararem por meio do teste de Wilcoxon, detectaram que os índices financeiros de endividamento, imobilização, margem, rentabilidade e liquidez são influenciados pelo valor justo, e, pressupõe-se que os indicadores resultarão em mudanças no posicionamento estratégico e gerencial das organizações. Porém, os autores não exploraram o efeito do valor justo na qualidade das decisões internas da organização.

Moura e Silva (2020) destacaram a divulgação da avaliação da cana em pé e da soqueira de 13 usinas, e verificaram divergências no nível de divulgação das premissas utilizadas no cálculo que estavam presentes em suas demonstrações contábeis. Esse fator afeta a comparabilidade do valor justo entre as empresas e aumenta a dificuldade em tentar replicar o cálculo, o que pode influenciar a avaliação dos analistas. Além disso, quanto menor a divulgação, menor a possibilidade de identificar a subjetividade do cálculo, facilitando o gerenciamento de resultado, segundo os autores.

Já Silva, Nardi, Mendes e Oliveira (2022) desenvolveram um caso com a avaliação da cana-de-açúcar a valor justo. Os autores mostram que, a incerteza relacionada às estimativas do fluxo de caixa descontado podem representar mudanças significativas no valor justo divulgado, e que, a produtividade futura pode ser relevante nesse processo. Por envolver mais premissas do que um ativo biológico que possui mercado ativo, a mensuração envolve mais riscos, o que reforça a necessidade de investigação sobre a mensuração da cana-de-açúcar. Dessa forma, constataram que é necessário aumentar a confiabilidade das informações contábeis para os profissionais que realizam o processo contábil, bem como informar a existência de subjetividade para investidores e credores e alertar o órgão regulador sobre a incerteza que existe no processo de mensuração na inexistência de mercado ativo.

Herbohn e Herbohn (2006) investigaram o impacto da adoção da IAS 41 nas organizações que possuem florestas. Eles criticam o valor justo para os ativos biológicos, indicando que podem ser muito acadêmico e pouco prático, além de possuir muita incerteza na realização dos ganhos apurados. Também explicitam que há

dificuldade em precificar animal ou planta quando não possui mercado ativo. Porém, quando há mercado ativo, há facilidade para usuários externos entenderem a avaliação e o valor justo. Ademais, afirmam que o valor justo é relevante e traz maior representação fidedigna aos ativos biológicos e suas transformações. Os autores detectaram que a maioria das empresas utiliza o fluxo de caixa descontado em suas avaliações e um aumento da volatilidade do lucro líquido de empresas que possuem florestas.

Sobre a discussão de informações (ou *inputs*) utilizadas para efetuar a avaliação de ativos biológicos, existem os trabalhos de Cavalheiro, Gimenes, Binotto e Fietz (2019); Lento, Bujaki e Yeung (2018), Cavalheiro, Gimenes & Binotto (2019) e Santos e Silva (2018).

Cavalheiro, Gimenes, Binotto e Fietz (2019) realizaram estudo no setor sucroenergético e estimaram o valor justo da cana-de-açúcar, apresentando o modelo de Doorenbos e Kassam (1979) para estimar a produtividade, a fim de aumentar a qualidade da informação do AB, já que a previsão com mais acurácia da produtividade poderia trazer mais representação fidedigna. Esse modelo é baseado no estresse hídrico, incorporando detalhes relacionados à evapotranspiração para medir o rendimento da planta (Doorenbos & Kassam, 1979). Porém, é possível destacar que o rendimento da cultura é dependente também de outros fatores, como: dados meteorológicos (radiação solar, temperatura máxima e mínima e chuva), parâmetros do solo (balanço hídrico) e desenvolvimento da planta (fenologia, desenvolvimento foliar, acumulação de biomassa, sacarose, altura da planta, raízes e estresse hídrico) (Marin, 2014). Destaca-se que os autores não efetuaram a validação dos valores de produtividade obtidos por meio do modelo com dados reais de uma usina, limitando-se a incluí-los no fluxo de caixa descontado. Assim, não é possível inferir que realmente houve um aumento da qualidade da informação contábil.

Em outro contexto, Lento, Bujaki e Yeung (2018) investigaram a redução do grau de incerteza da estimativa do valor justo de uma fazenda de salmão contida na sua produtividade do salmão. Os autores identificaram o preço facilmente no mercado, porém a produtividade é incerta. Isso ocorre devido à necessidade de medir a biomassa do salmão, que não pode ser pesado devido a proibições regulatórias, sendo necessário criar um modelo estatístico de regressão que busca estimar sua produtividade por meio

de informações de alimento consumido pelos peixes, temperatura e qualidade da água e taxa de mortalidade.

Assim, apesar da existência de mercado ativo para o salmão, ainda observa-se um ponto de incerteza relacionado à produtividade, que pode aumentar a incerteza relacionada ao valor justo, mesmo utilizando informações observáveis de preço de mercado em seu modelo (Lento, Bujaki & Yeung, 2018). Ou seja, é possível pontuar que existem também dificuldades associadas à mensuração que usa informação disponível no mercado, não sendo exclusividade da mensuração sem mercado ativo. Os autores não informaram todos os resultados da utilização do modelo e seu erro de mensuração, mostrando apenas parcialmente os dados obtidos. O estudo é concretizado como um estudo de caso para alunos conhecerem a perspectiva do setor de pesca de salmão.

Cavalheiro, Gimenes & Binotto (2019) realizaram uma pesquisa para observar as escolhas contábeis dos profissionais envolvidos na mensuração da cana-de-açúcar, e detectaram que a maioria utiliza fluxo de caixa descontado para sua avaliação, definindo a taxa de desconto majoritariamente através do WACC. Os autores também detectaram o uso da média histórica de produção para estimar a quantidade inserida no fluxo de caixa, e constataram que os profissionais não consideram a sazonalidade em suas estimativas, fator que impacta a produção da cultura. Além disso, verificaram que o tempo de experiência pode influenciar o profissional na escolha das premissas e da técnica utilizada para mensurar a cana-de-açúcar.

Finalmente, em outra temática, a fim de avaliar as empresas listadas na B3 que possuem ativos biológicos Santos e Silva (2018) identificaram as técnicas de mensuração utilizadas. Os autores identificaram que no setor sucroalcooleiro e de papel e celulose o método de mensuração principal é o fluxo de caixa descontado, porém o de carnes e derivados é o valor de mercado a nível 1, devido a disponibilidade de preços. Quando os autores avaliaram o percentual de ativos biológicos em relação ao ativo total das empresas sucroalcooleiras em 2015, e detectaram que a relação chegou a 24,51%, ou seja, representando uma parte considerável dos ativos da organização.

## 2.6. Apresentação da hipótese de pesquisa

A estrutura conceitual identifica características qualitativas de informações financeiras úteis aos usuários da informação (CPC 00). Por exemplo, espera-se que a informação contábil a respeito da posição financeira da empresa seja relevante e que tenha representação fidedigna (CPC 00). O foco do presente estudo está relacionado à discussão das características qualitativas da informação, visto que a mensuração dos ativos biológicos a valor justo requer técnicas que podem resultar em informação não fidedigna devido à dificuldade da mensuração podendo resultar em erro de medição<sup>6</sup> nos números contábeis, o que pode resultar em menor confiabilidade, ou menor representação fidedigna (Beaver, 1998; Barth, 2004). Além disso, a utilidade informação aumentará conforme maior poder de previsibilidade do modelo, quanto mais ajustado à realidade estiver, sendo que a lógica contrária também se aplica (Machado, Martins & Carvalho, 2014).

A representação fidedigna pressupõe a capacidade de avaliar as incertezas associadas ao processo de avaliação, evitando ou diminuindo a possibilidade de superavaliar ou subavaliar os ativos e passivos (CPC 00). Nesse contexto, é importante observar os animais e plantas vivos, já que no caso dos ativos biológicos, alguns deles utilizam dados não observáveis para sua estimação (Figueira & Ribeiro, 2015; Moura & Silva, 2020; Rech & Pereira, 2012; He, 2020; Santos, Gomes, de Brito, Gaio & Furlan, 2015, Santos & Silva, 2018) e a utilização de premissas podem impactar seu cálculo (Rech & Pereira, 2012; Machado, Martins e Carvalho, 2014; Cretu, Cretu e Muscănescu, 2014). Esse é o caso da cana-de-açúcar na sua fase de desenvolvimento, que utiliza a técnica de abordagem de receita, usando o fluxo de caixa na sua mensuração (Moura & Silva, 2020; Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019; Silva, Nardi, Mendes, & Oliveira, 2022; Santos & Silva, 2018).

Dessa forma, estimativas devem ser realizadas para avaliar o ativo, o que pode exigir certa subjetividade dos profissionais contábeis no momento de definir o preço futuro, a taxa de retorno e a produtividade futura (Svodoba, Bohusova; 2017; Rech & Pereira, 2012; Morozova, Akhmadeev, Bykanova & Philippova, 2019; Machado, Martins & Carvalho, 2014; Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019; Eilifisen, Hamilton

---

<sup>6</sup> O conceito de erro foi definido conforme Barth (2018).

& Messier, 2020). Conforme o julgamento realizado pelo elaborador da informação contábil para determinar essas variáveis, pode resultar em um viés ou imprecisão no cálculo do fluxo de caixa, gerando uma informação distorcida (Eilifisen, Hamilton & Messier, 2020; Silva, Nardi, Mendes, & Oliveira, 2022; Barth, 2004). Lembrando que o erro elencado ao valor justo sem mercado ativo decorre da qualidade das suas estimativas (Barth, 2004).

Como existem maneiras diferentes de definir as premissas (Marin, 2014; Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019; Leão & Ambrozini, 2014; Doorenbos, & Kassam, 1979), e, elas podem sofrer variações com o tempo devido a questões de planejamento agrícola, repousa na *expertise* dos profissionais a capacidade do modelo de capturar as estimativas mais adequada para compor o fluxo de caixa. Nesse cenário, a produtividade é uma das variáveis críticas para determinar o valor justo da cana (Rech & Pereira, 2012; Bohušová, Svoboda & Nerudová, 2012; Cavalheiro, Gimenes, Binotto & Fietz, 2019; Morozova, Akhmadeev, Bykanova, Philippova, 2019; Silva, Nardi, Mendes, & Oliveira, 2022).

O objetivo central desse estudo repousa na verificação da capacidade dos modelos futuro e tradicional de capturar a produtividade, e, assim, contribuir para a construção do valor justo do ativo biológico com maior qualidade. Assim, pontua-se que, ao estimar a produtividade conforme média das safras passadas, como exposto por Cavalheiro, Gimenes, Binotto & Fietz (2019), não é possível capturar efeitos que influenciam a produtividade da planta, como a atmosfera, a planta e o solo (Vianna, Marin & Pilau, 2017). Esses fatores impactam a qualidade e o rendimento dos ativos biológicos que sofrerão a transformação biológica. Ainda, Herbohn e Herbohn (2006) reforçam que as condições decorrentes da atmosfera, como chuva e granizo, e da planta, como efeitos de doenças e pragas, podem afetar a volatilidade do valor justo dos ativos biológicos.

Logo, surge um questionamento sobre a adequação do uso de médias de safras anteriores para definir a cana futura, já que esse método desconsidera os fatores relacionados ao clima, solo e planta que influenciam a produtividade da cana, causando maior incerteza em relação à estimativa da produtividade, que pode ser diferente da realidade (Rech & Pereira, 2012; Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019), além de

influenciar o valor justo (Silva, Nardi, Mendes, & Oliveira, 2022). Assim, constitui-se a primeira hipótese de pesquisa:

**H1a:** A representação de *inputs* de produtividade baseados no modelo tradicional diverge da representação de *inputs* de produtividade do modelo base.

**H1b:** A representação do valor justo baseada na produtividade do modelo tradicional diverge da representação do valor justo baseada na produtividade do modelo base.

A agronomia fornece modelos de previsão de cultura que podem ser úteis para definir a transformação biológica das plantas e seus dados podem mapear a incerteza inerente à determinação da produtividade (Marin, 2014), podendo fornecer um *input* para o valor justo. Um modelo agrometeorológico já foi observado na contabilidade por Cavalheiro, Gimenes, Binotto e Fietz (2019), pesquisa em que foi realizada a avaliação da cana por meio do modelo de Doorenbos e Kassam (1979). Esse modelo é de 1979, e calcula a produtividade da cana-de-açúcar em função do mapeamento da água presente no solo, já que ela possui efeito no rendimento das culturas (Doorenbos & Kassam, 1979).

Considerando que essa estimativa se limita ao aspecto do estresse hídrico da planta, ela pode desconsiderar efeitos que podem influenciar a produtividade. Em comparação, o modelo de processos biofísicos SAMUCA é uma opção mais atual, de maior complexidade que utiliza mais atributos e fatores para determinar a produção futura das culturas com maior cautela (Marin, 2014; Marin & Jones, 2014; Marin, Jones & Boote; 2017; Vianna, Nassif, Carvalho & Marin; 2020). O diferencial encontrado nesse método é o mapeamento de condições vinculadas ao solo, manejo agrícola e clima para efetuar a previsão da cana-de-açúcar de maneira mais precisa e confiável. A modelagem em processos biofísicos de Marin (2014) tem como base algoritmos que possibilitam o cálculo da produtividade da cana-de-açúcar se alimentando de uma série de dados, que são relacionados ao solo, planta, fotossíntese, biomassa e sacarose, extensão da planta e água contida no solo.

Adicionalmente, esse método analisa dados relacionados à região do ativo, como solo e clima para estimar o crescimento e a produção da cana-de-açúcar apropriadamente (Marin, 2014). Assim, ao mensurar os efeitos das condições

meteorológicas e seus impactos na produtividade da cana-de-açúcar, seria possível fornecer uma informação mais confiável, a fim de determinar o valor justo com maior qualidade. Isto posto, foi estabelecida a segunda hipótese de pesquisa:

**H2a:** A representação de *inputs* de produtividade baseados no modelo futuro se aproxima da representação de *inputs* de produtividade do modelo base.

**H2b:** A representação do valor justo baseada na produtividade do modelo futuro se aproxima da representação do valor justo baseada na produtividade do modelo base.

Espera-se que o modelo de produtividade futura traga maior poder de previsibilidade, e, portanto, traga um melhor indicativo para o valor justo. Apesar de o modelo tradicional ser frequentemente utilizado (Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019), pode ter dificuldade em capturar a produtividade que realmente foi realizada. Assim, serão testadas as hipóteses para identificar o impacto no valor da cana-de-açúcar.

### 3. METODOLOGIA

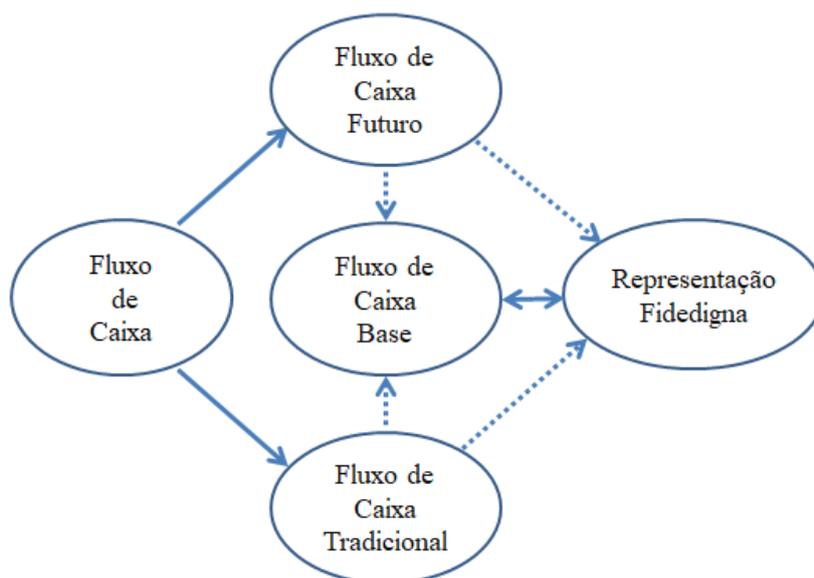
A pesquisa consiste na observação de como o cálculo do valor justo da cana-de-açúcar, realizado por meio do fluxo de caixa descontado, pode ser modificado com a alteração do *input* da produtividade. Isso foi avaliado através da ótica da qualidade da informação, que têm como um de seus pilares a representação fidedigna. Ela foi avaliada por meio do fluxo de caixa descontado base, que possui a produtividade efetiva das usinas estudadas, e, em comparação com o fluxo de caixa com produtividade futura<sup>7</sup> e produtividade tradicional<sup>8</sup>, foi avaliada se há representação fidedigna. O desenho da pesquisa está estabelecido na Figura 3.

---

<sup>7</sup> Modelo de produtividade prospectivo, baseado em processos através do modelo SAMUCA.

<sup>8</sup> Modelo de produtividade baseado em médias de safras passadas.

Figura 3- Comparações dos Fluxos de Caixa



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Fluxo de Caixa Base foi estimado com base em dados de produtividade disponibilizados pelas usinas, Fluxo de Caixa Futuro foi definido pelo modelo SAMUCA e o Fluxo de Caixa Tradicional foi determinado com base nas médias das safras anteriores.

A figura demonstra o que foi planejado para a pesquisa. Observa-se que o fluxo de caixa pode ser estimado em três situações: i) usando o modelo de estimativas de produtividade futura, permitindo estimar o fluxo de caixa baseado no modelo SAMUCA de produtividade, que efetua uma simulação do crescimento da planta; ii) utilizando o modelo tradicional, baseado em médias das safras anteriores; iii) e base, usando premissas de produtividade que realmente ocorreram, dados ofertados pelas usinas. Para cada talhão foi calculado um fluxo de caixa individual, variando somente a fonte de informação da produtividade. Dessa forma, houve a possibilidade de comparação dos indicadores de produtividade, bem como os números contábeis. Os materiais e métodos utilizados durante a pesquisa estão evidenciados nas sessões posteriores, detalhando o processo de construção da pesquisa.

### 3.1. Materiais

O estudo utiliza-se de duas amostras das usinas A e B do Estado de São Paulo. A amostra da usina A possui dados de 2004 a 2007, e possui 44 talhões por ano. A amostra da usina B possui dados de 2015 a 2020, com 83 talhões por ano. Considerando as 4 safras utilizadas para o estudo, foi possível analisar 176 talhões da Usina A e 332 talhões da Usina B.

As usinas foram escolhidas por conveniência, visto que foram selecionadas devido à facilidade e simplicidade da coleta de dados, sendo uma opção rápida e barata de coleta de informações (Fávero & Belfiore, 2017). Esse método se justifica devido à necessidade de informações estratégicas das organizações, que são de difícil acesso e não estão disponíveis nas demonstrações financeiras das usinas, sendo, muitas vezes, sigilosas. As informações específicas das usinas A e B estão dispostas no Quadro 3. O detalhamento de talhões (blocos) por fazendas (setores) pode ser consultado nos Apêndices A (usina A) e B (usina B).

Quadro 3 - Amostra das usinas do interior de São Paulo

Dados	Descrição da amostra	Usina A	Usina B
Informações Técnicas	Quantidade de fazendas (ou setores) total	12	48
	Quantidade talhões (ou blocos)	44	83
	Área total (em hectares)	1833,26	6861,0
	Número total de safras da amostra	7 safras	6 safras
Informações Específicas	Safras analisadas	4 safras	4 safras
	Quantidade total de observações analisadas	176	332

Fonte: Elaboração própria

Nota: As safras analisadas são de acordo com os talhões, foram 4 safras com 44 talhões para a Usina A, e 83 talhões com 4 safras para a Usina B.

Os dados das amostras foram usados para calcular os fluxos de caixa das usinas, os quais permitem avaliar se os modelos usados para avaliação da cana de açúcar se aproximam da representação fidedigna. Dessa forma, são construídos três modelos de fluxo de caixa descontado para cada usina, sendo 8 safras no total, a fim de analisar a qualidade das estimativas de produtividade da cana-de-açúcar, e seu impacto na mensuração a valor justo.

Foram eliminados os dados da amostra que possuíam algum tipo de informação indisponível (ATR ou TCH) em algumas das safras, para não enviesar os dados estudados. Acrescenta-se que a avaliação foi restringida a quatro safras de cada usina, devido à necessidade de dados para realizar a estimativa do modelo tradicional (vide Tabela 6), de acordo com a quantidade de dados que foram disponibilizadas para os cálculos para realização das estimativas das produtividades, restringindo a amostra. Além disso, houve uma diminuição no total de fazendas utilizadas devido à necessidade do uso de todas as informações completas a fim de realizar a média das safras anteriores para o modelo tradicional. Isso acontece principalmente em virtude da necessidade de renovação do canavial, o que interferiu na quantidade de informações disponibilizadas.

As Tabelas 3 e 4 descrevem os motivos pelos quais houve essa diminuição dos dados estudados.

Tabela 3- Quantidade de fazendas analisadas da Usina A

<b>Quantidade de fazendas total</b>	<b>645</b>
(-) Fazendas com talhões incompletos (não possuem informações de 2002 a 2007)	(629)
(-) Outros	(3)
(-) Fazenda com informação de produtividade faltante	(1)
<b>(=) Amostra final</b>	<b>12</b>

Fonte: Elaboração própria com dados da Usina A

Nota: A Tabela 3 detalha a quantidade de fazendas (ou setores) total do Quadro 3 da Usina A.

Tabela 4- Quantidade de fazendas analisadas da Usina B

<b>Quantidade de fazendas total</b>	<b>90</b>
(-) Fazendas com talhões incompletos (não possuem informações de 2015 a 2020)	(42)
<b>(=) Amostra final</b>	<b>48</b>

Fonte: Elaboração própria com dados da Usina B

Nota: A Tabela 3 detalha a quantidade de fazendas (ou setores) total do Quadro 3 da Usina B.

Na seção a seguir foram evidenciados os métodos utilizados para realização do estudo.

### 3.2. Métodos

Alinhado com o objetivo de identificar o impacto da produtividade na mensuração da cana em desenvolvimento a valor justo, optou-se, primeiramente, por aplicar os modelos de fluxo de caixa das usinas A e B. Esses fluxos de caixa só têm uma variação em sua construção que é a produtividade determinada conforme Tabela 5, sendo que os três modelos construídos terão a produção estimada de acordo com as diretrizes a seguir.

Tabela 5- Modelos de Fluxo de caixa

Modelo	Produtividade
Base	Dados reais das safras já realizadas (Disponíveis no relatório PIMS <sup>9</sup> das usinas)
Futuro	Modelo agrometeorológico SAMUCA <sup>10</sup>
Tradicional	Modelo baseado em dados históricos (Média simples das últimas safras)

Fonte: Elaboração própria.

<sup>9</sup> *Plant Information Management System* (Sistema de Gerenciamento de Informação da Planta), software voltado para armazenagem de informações de colheita.

<sup>10</sup> O modelo foi abordado na seção 2.4 dessa pesquisa.

Cada fazenda foi analisada individualmente, permitindo o cálculo do valor justo da cana em desenvolvimento com a produtividade base, tradicional e futura. Portanto, pontua-se como foram realizadas as estimativas de produtividade:

i) **Produtividade “base”**: produtividade efetivamente realizada, ou seja, são os dados reais da safra colhida disponibilizados no relatório PIMS.

ii) **Produtividade “tradicional”**: o cálculo foi estimado conforme as últimas safras passadas, efetuando uma média desses valores a fim de definir o ATR e o TCH das fazendas conforme seu talhão. Cavalheiro, Gimenes e Binotto (2019) indicam que essa técnica é utilizada para estimar a produtividade das usinas.

A Tabela 6 representa os anos-safras utilizados para os cálculos da produtividade, considerando a disponibilidade dos dados para estimar a produtividade. Destaca-se que esse modelo pode ser aplicado pelas usinas, a fim de obter a produtividade futura a ser inserida no modelo do fluxo de caixa, para estimar o valor justo da cana-de-açúcar (Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019).

Tabela 6 - Metodologia de cálculo do modelo tradicional

Usina A		Usina B	
Safras	Metodologia de cálculo	Safras	Metodologia de cálculo
2004/2005	Média das 3 safras anteriores	2017/2018	Média das 2 safras anteriores
2005/2006	Média das 4 safras anteriores	2018/2019	Média das 3 safras anteriores
2006/2007	Média das 5 safras anteriores	2019/2020	Média das 4 safras anteriores
2007/2008	Média das 6 safras anteriores	2020/2021	Média das 5 safras anteriores

Fonte: Elaboração própria.

As empresas possuem uma diferença temporal entre suas safras, ocorrida devido à divergência entre as amostras utilizadas. A falta de similaridade entre as épocas de plantio também pode explicar essas diferenças entre as usinas A e B, visto que, tem-se a cana de 12 meses, cana de 18 meses etc., dependendo do planejamento da área agrícola de cada entidade. Porém, a análise dos dados individualmente e comparativamente poderão auxiliar no processo de avaliação dos modelos de produtividade. Assim, foi possível avaliar de maneira ampla como as estimativas dos dados de produtividade impactam os números contábeis.

iii) **Produtividade “futura”**: os dados de produtividade foram estimados de maneira prospectiva por meio do modelo agrometeorológico SAMUCA, que é viabilizado pelo Sistema Tempocampo®, fruto do trabalho de Marin (2014)<sup>11</sup>.

Assim, foram analisados comparativamente o açúcar total recuperável (ATR), tonelada de cana (TC), receita, custo e valor justo para observar o impacto de cada estimativa (simulada e tradicional), quando confrontada com o modelo que contém a produtividade base. Dessa forma, foram avaliados dados emparelhados considerando estimativas com fontes de informações diferentes por meio do teste de Friedman e Análise de Variância (ANOVA) de medidas repetidas, que consideram três ou mais grupos (Fávero e Belfiore, 2017; Girden, 1992).

A partir das informações coletadas, foi adotada a seguinte estratégia, segundo Fávero e Belfiore (2017), Girden (1992) e Field (2009). Primeiro, foi analisada a normalidade dos dados, que indicaram se os dados são paramétricos ou não paramétricos. Posteriormente, caso os dados fossem constatados como não paramétricos, foi executado o teste de Friedman (Fávero & Belfiore, 2017) para comparação dos três modelos, com produtividade base, tradicional e futura. Nas situações em que foi detectada normalidade, houve a confecção da ANOVA de medidas repetidas, condicionada ao teste de esfericidade de Mauchly (Girden, 1992; Field, 2009).

Caso houver violação da esfericidade através do teste de Mauchly, é necessário adotar os graus de liberdades corrigidos por Huynh-Feldt ou Greenhouse-Geisser, utilizados a fim de analisar a razão F observada (Field, 2009). Greenhouse-Geisser e Huynh-Feldt fornecem estimativas de épsilon, que foram interpretadas da seguinte forma: épsilon acima de 0,75 indica a correção de falta de esfericidade por Huynh-Feldt, enquanto épsilon abaixo de 0,75 ou desconhecido aponta para a correção de Greenhouse-Geisser (Girden, 1992).

Após comparar os três grupos, nos casos em que foi constatada a falta de igualdade entre eles, foram comparados os pares para identificar possíveis semelhanças. Neste caso, quando o talhão foi analisado por meio do teste de Friedman, foi efetuado o teste de Durbin-Conover para comparação entre os pares. Quando foi utilizada a Análise de

---

<sup>11</sup> O modelo foi abordado na seção 2.4 dessa pesquisa.

Variância, foi realizado o teste de Tukey para avaliar qual é a diferença entre as amostras, ou seja, quais amostras possuem diferenças significativas (Haynes, 2013).

A Tabela 7 demonstra os pares que foram comparados no estudo.

Tabela 7- Comparação entre pares do estudo

Indicadores	Variável	Pares
Indicadores de produtividade	ATR	Base com Tradicional
		Base com Futuro
		Tradicional com Futuro
	TCH	Base com Tradicional
		Base com Futuro
		Tradicional com Futuro
Números contábeis	Receita	Base com Tradicional
		Base com Futuro
		Tradicional com Futuro
	Custo	Base com Tradicional
		Base com Futuro
		Tradicional com Futuro
Valor Justo	Base com Tradicional	
	Base com Futuro	
	Tradicional com Futuro	

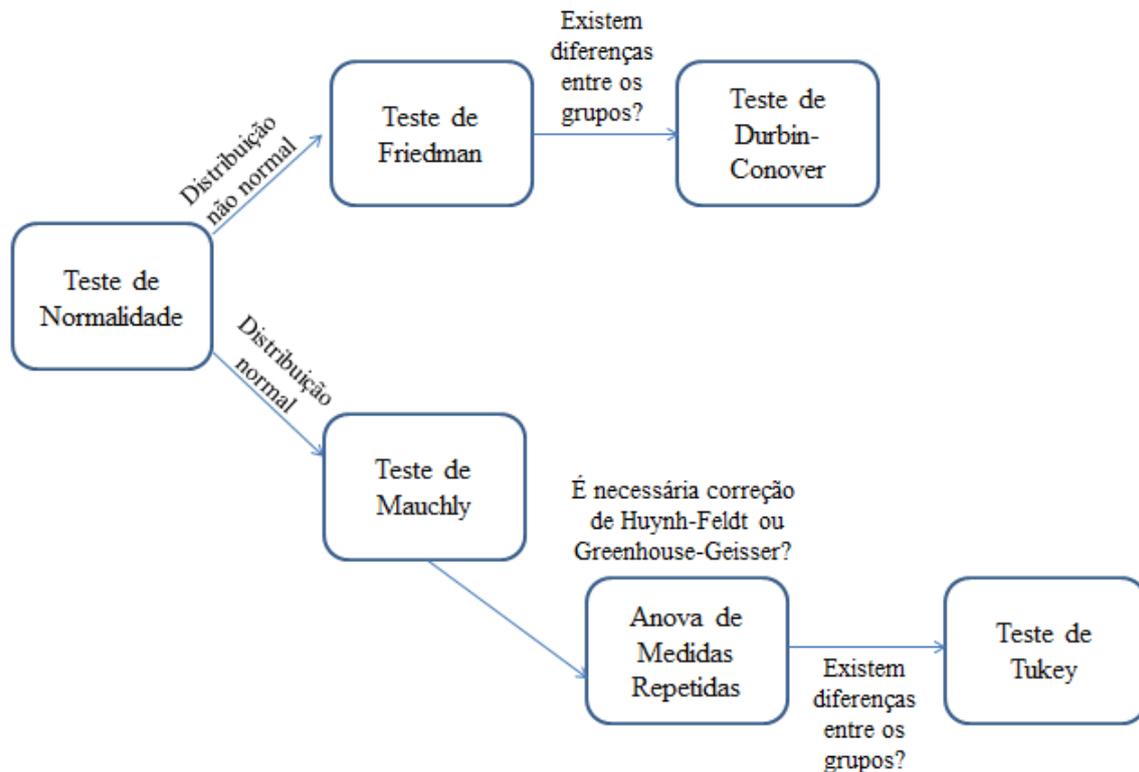
Fonte: Elaboração própria.

Nota: Base se refere ao modelo que utiliza produtividade fornecida pela usina (realizada), tradicional é o modelo que usa dados estimados com base nas médias das safras anteriores, futuro é o modelo que utiliza dados do modelo SAMUCA.

Aplicando um teste de comparação para cada unidade de análise (indicadores de produtividade, contábeis e financeiros), foi possível avaliar se existem diferenças entre as estimativas de produtividade, e, conseqüentemente, no cálculo da receita, custo e valor justo. Assim, foi possível indicar qual estimativa é mais aproximada da estimativa base, avaliando quais premissas possuem maior qualidade de estimativa, contribuindo para o valor justo da cana-de-açúcar.

A Figura 4 consolida os testes realizados de acordo com os resultados, conforme as diretrizes indicadas anteriormente.

Figura 4- Testes utilizados



Fonte: Elaboração própria.

### 3.2.1. Método de cálculo dos fluxos de caixa

É importante frisar que a cana-de-açúcar possui particularidades no momento de sua avaliação, sendo precificada nos balanços das usinas de acordo com sua produtividade e qualidade. A produtividade é mensurada em toneladas por hectare (TCH), ou seja, o volume de cana colhida em função da área. Ela é influenciada por fatores como: condições climáticas, tratamentos culturais e variedade da cana. Mas também é avaliada a qualidade da cana, fator importante para sua remuneração. Essa qualidade é aferida por meio da quantidade de açúcares presentes na cultura, chamada de Açúcar Total Recuperável (ATR), que é avaliada de acordo com a tonelada de cana. Assim, calcula-se a estimativa de receita da cana através da Equação 1 (CNA, 2007):

$$\text{Receita cana: } TCH \times \text{Área} \times ATR \times \frac{R\$}{KG} \text{ de ATR} \quad (1)$$

O modelo do Consecana é utilizado pelas usinas para as estimativas de R\$/Kg de ATR. Os fatores levados em consideração para efetuar a mensuração do preço final do Kg do ATR da cana-de-açúcar são: o preço médio dos produtos acabados, a

porcentagem da participação do custo da cana-de-açúcar (matéria-prima) nos produtos finais e o *mix* de produção definido no Estado de São Paulo (Consecana, 2006).

Os produtos finais são divididos e ponderados de acordo com sua previsão de comercialização, e são precificados de acordo com a previsão de venda para o mercado interno e externo. A disponibilidade de ATR das usinas pode ser convertida em açúcar e etanol conforme a proporção evidenciada na Tabela 8, sendo calculados conforme o total de ATR estimado, em relação ao fator de conversão do produto acabado em quilogramas de ATR (Consecana, 2006). A Tabela 8 apresenta tais informações:

Tabela 8- Fatores de conversão de ATR em açúcar e etanol

Produto	Destino	Fator de Conversão
Açúcar Branco	Mercado Interno e Externo	1 kg de açúcar = 1,0495 kg de ATR
Açúcar VHP	Mercado Interno e Externo	1 kg de açúcar = 1,0453 kg de ATR
Álcool Anidro	Mercado Interno e Externo	1 litro de álcool = 1,7651 kg de ATR
Álcool Hidratado	Mercado Interno e Externo	1 litro de álcool = 1,6913 kg de ATR

Fonte: Consecana (2006)

Além disso, também são calculadas as saídas relacionadas à produção de cana de açúcar, como: tratos culturais, corte, carregamento e transporte, CAC (*Contributory Asset Charge* ou Ativo contributório). De acordo com Ibape (2019), a entidade é considerada como um conjunto de ativos operacionais que tem como objetivo principal garantir o seu bom funcionamento. A fim de isolar o efeito do ativo principal da entidade, calcula-se o valor do fluxo de caixa atribuído aos ativos contributórios e desconta-se do fluxo de caixa relativo a todos os ativos em conjunto, para encontrar o valor do ativo principal. No caso da cana-de-açúcar a planta portadora pode ser considerada um ativo contributório. Calcula-se também o desconto por meio da taxa de desconto (WACC) e o *Tax Amortization Benefit* (TAB) (Ibape, 2019).

Em seguida, pode-se evidenciar o passo a passo do cálculo do valor justo da cana em desenvolvimento na Tabela 9.

Tabela 9 - Estimativa do valor justo da cana em desenvolvimento

Etapa do cálculo	Equação
<b>Receita</b>	$[(TCH \times \text{Área}(ha) \times ATR) * (\text{Preço} - \% \text{AlíquotaFunrural})]$
<b>Custo</b>	$\left(\frac{\text{CustoTotal}}{\text{Produtividademédia}}\right) \times \text{Toneladasdecana}$
<b>Depreciação da planta portadora</b>	$\frac{\text{Custo de formação}}{\text{Vida útil}}$
<b>CAC Planta portadora</b>	$\{(\text{Depreciação} \times \text{Fator de depreciação}) \times \text{Taxa de retorno anual}\} +$
<b>Benefício fiscal</b>	$[\text{Distribuição do Canavial} (1 + \text{Taxa de desconto})^{6/12}] \times \text{Alíquota IReCSLL}$
<b>Fator de cálculo do benefício fiscal</b>	$\left[\frac{1}{(1 - \text{benefício fiscal})}\right] - 1$
<b>Tax Amortization Benefit (TAB)</b>	$\text{Valor presente do FDC} * \text{Fator de cálculo do benefício fiscal}$
<b>Valor do ativo biológico</b>	$\text{Receita} - \text{Custo} - \text{IR} \wedge \text{CSLL} - \text{CAC} + \text{TAB}$

Fonte: Ibape (2019).

A cartilha Ibape de Avaliação de Ativos Biológicos a Valor Justo para fins de atendimento às normas contábeis (2019) forneceu a base para construção do fluxo de caixa. A IBAPE é uma entidade composta por arquitetos, engenheiros e empresas que tem ações na área de avaliações, perícias e inspeções realizando cursos, seminários, palestras, workshops (Ibape, 2019).

A fim de detectar como a produtividade impacta o valor justo, foi realizado o cálculo do fluxo de caixa descontado. Assim, foi feita uma análise comparativa dos dados calculados pelas premissas diversas de produtividade, comparadas com a estimativa base. Dessa forma, foi possível avaliar através dos testes quais indicadores de produtividade e números contábeis foram mais aproximados aos documentados pelas usinas. Nesse aspecto, quando houver indicativos que há semelhanças entre os modelos futuro ou tradicional com o modelo base, existe evidência que suporta a representação

fidedigna. Dessa maneira, o modelo base é crucial para definir se há ou não representação fidedigna nos modelos, fruto da mudança da fonte de informação da produtividade.

O Quadro 4 apresenta os *inputs* que foram utilizadas nos modelos de fluxo de caixa. Não houve a possibilidade de acessar as informações de preços, taxa de desconto e custo utilizados pela Usina A, dessa forma, eles foram estimados com base em fontes de informações disponíveis no mercado, considerando o período da estimativa. Já na Usina B houve a disponibilização dos dados internos, possibilitando a utilização dessas informações no fluxo de caixa. Os *inputs* do modelo podem ser acessados no Apêndice C.

Quadro 4 - Fontes de informação da Usina A e da Usina B

Inputs	Usina A		Usina B	
	Extraída de	Fonte	Extraída	Fonte
Preço	Consecana	Udop (2022).	Interna	Usina B
Taxa de Desconto	Estimada	Base de dados Balanços Patrimoniais e Lima, Assaf Neto, da Silva e Gatsios (2020).	Interna	Usina B
Custo	Agrianual	Agrianual (2005, 2006, 2007, 2008).	Interna	Usina B

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os custos são compostos pelo custo de corte, carregamento e transporte e tratos culturais.

A Usina A teve seus dados estimados com base nos preços médios das safras indicadas publicados pelo Consecana, que podem ser consultado através dos arquivos da Udop (2022). A taxa de desconto foi calculada através do custo da dívida das usinas mais recentes – ano de 2010 – da base de dados Balanços Patrimoniais, com o beta e o prêmio de mercado extraídos de Lima, Assaf Neto, da Silva e Gatsios (2020). Assim, foi calculado o CAPM e posteriormente o WACC.

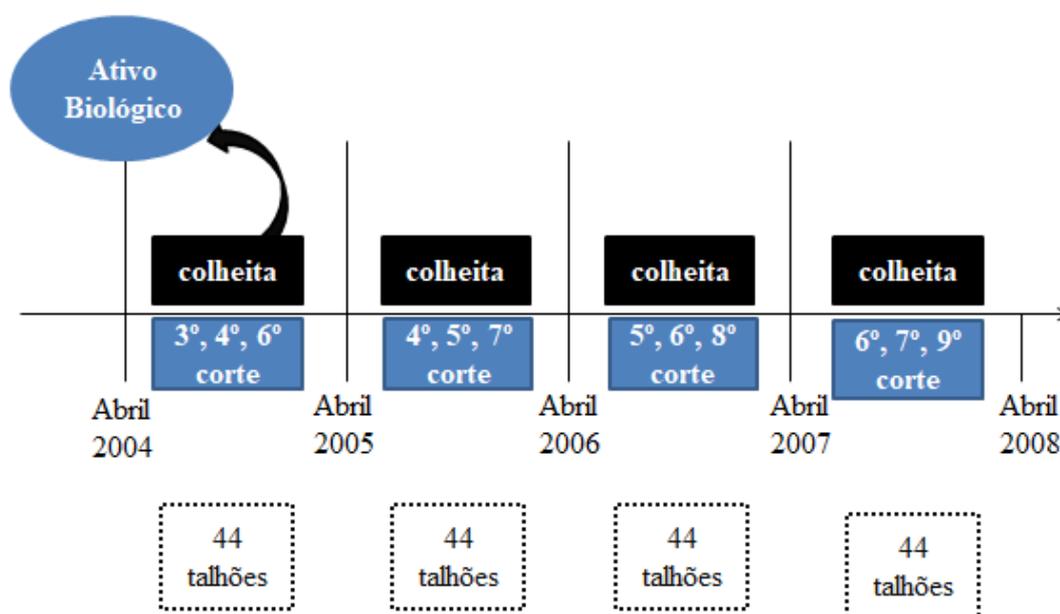
#### 4. RESULTADOS

Os resultados foram apresentados dividindo as análises por usinas, demonstrando primeiramente as estatísticas descritivas, análise gráfica, *boxplot*. Em seguida, foram demonstrados os testes de normalidade, esfericidade e comparação.

#### 4.1. Usina A

A amostra da Usina A contém 458,31 hectares, totalizando 44 talhões de cana-de-açúcar por safra que estão dispostos nas safras 2004/2005 a 2007/2008. A Figura 4 demonstra mais detalhes da amostra, que apresenta inicialmente na safra de 2004/2005 cana de 3º, 4º e 6º corte. Esses canaviais foram acompanhados até a safra de 2007/2008, que finaliza em Março de 2008. Dessa forma, os canaviais avaliados, quantidade de talhões e estágio de corte podem ser demonstrados na Figura 4.

Figura 5 - Detalhes da amostra da Usina A



Fonte: Elaboração própria.

Primeiramente, foi realizada a análise da estatística descritiva dos dados da Usina A, demonstrando sua média, desvio padrão, mínimo e máximo através da Tabela 10.

Tabela 10 - Estatística Descritiva da Amostra Geral da Usina A

Variável	Obs.	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
ATR Base	176	147,38	12,77	108,08	175,53
ATR Tradicional	176	146,53	6,70	131,82	166,99
ATR Futuro	176	125,04	9,86	100,58	138,55
TCH Base	176	78,92	15,55	40,13	126,47
TCH Tradicional	176	90,22	13,48	47,39	129,94
TCH Futuro	176	79,97	17,33	48,12	125,86
Receita Base	176	38.688,70	25.934,72	5.780,00	147.082,60
Receita Tradicional	176	33.814,53	22.759,61	4.023,24	130.540,00
Receita Futura	176	30.598,22	24.308,96	2.268,33	174.899,30
Custo Base	176	15.472,23	10.261,52	1.751,74	52.570,24
Custo Tradicional	176	17.546,75	11.400,66	3.601,07	66.562,26
Custo Futuro	176	16.094,77	11.982,49	1.665,12	75.335,47
Valor Justo Base	176	13.626,96	11.146,26	570,01	62.540,84
Valor Justo Tradicional	176	16.040,08	12.843,13	1.330,20	74.315,73
Valor Justo Futuro	176	10.231,54	11.114,08	- 339,37	87.554,30

Fonte: Elaboração própria.

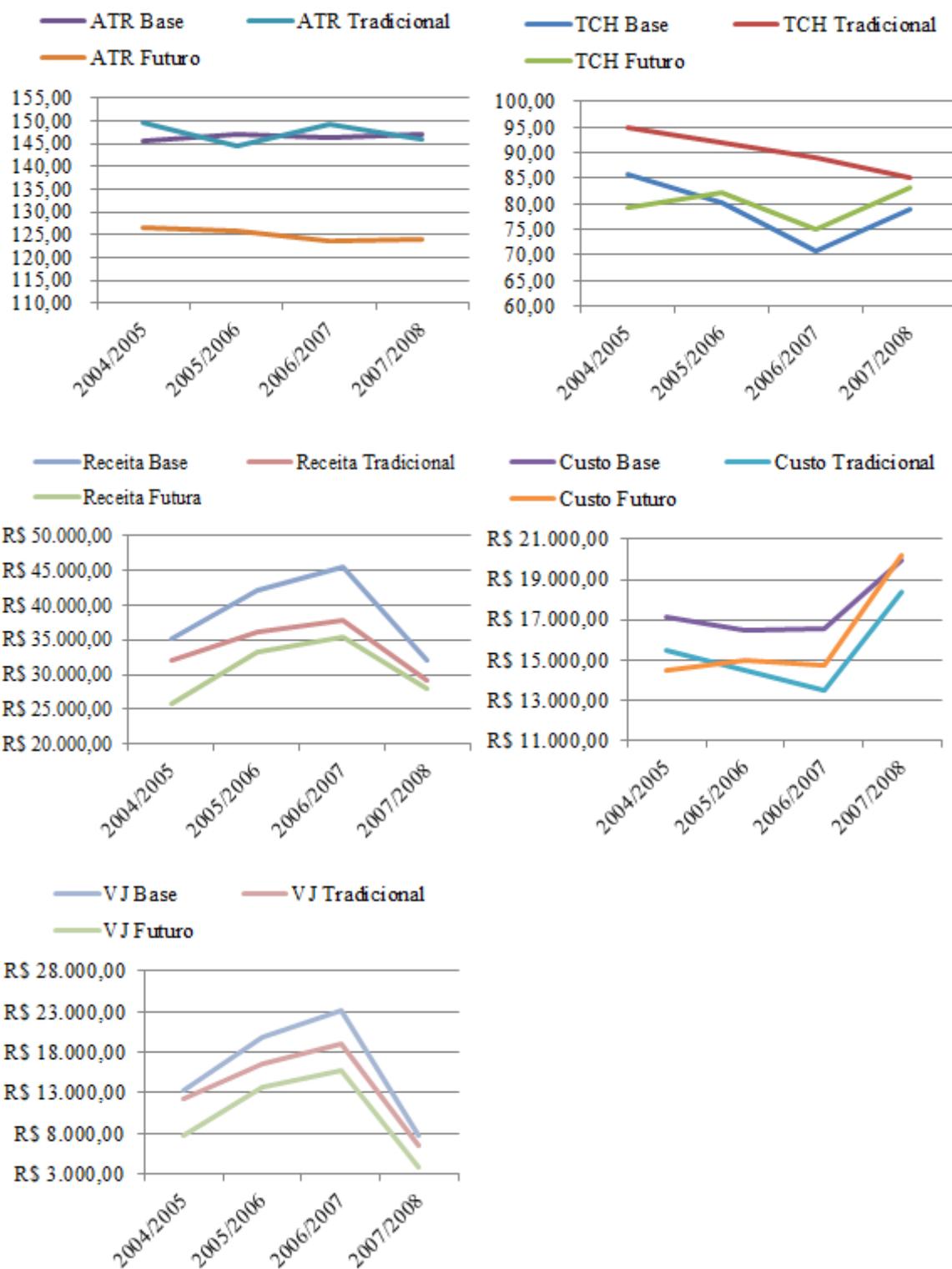
Nota: Os indicadores de produtividade e números contábeis variam em função da estimativa de produtividade. No caso da estimativa base, utilizaram-se dados do sistema PIMS de produtividade da usina (concretizados), a estimativa tradicional é baseada em médias históricas conforme Tabela 6; a estimativa futura foi realizada conforme modelo SAMUCA (vide seção 2.4).

Enfatiza-se que a amostra é diversa já que as áreas dos talhões variam de 1,86 a 32,34 hectares, podendo impactar diretamente o desvio padrão, representando impacto direto nos cálculos contábeis da amostra. A tabela 10 ainda revela que existe na amostra estimativa de valor justo negativo para o modelo futuro, o que demonstra que podem existir talhões que não são viáveis economicamente em safras específicas. Porém, ao realizar a análise da safra como um todo, o valor justo da área total estudada é positivo, já que outros talhões possuem valor econômico, compensando os casos negativos.

O ATR base possui uma média mais próxima do ATR tradicional. No entanto, o TCH base apresenta média mais semelhante ao TCH futuro. Ambas as medidas são importantes na mensuração do valor justo, pois enquanto o TCH impacta diretamente o custo, o ATR e o TCH influenciam a composição da receita, conforme explicado na tabela 9. A média da receita base está mais próxima do modelo tradicional, enquanto o custo base tem média mais aproximada ao modelo futuro. Similarmente ao custo, a média do valor justo possui menor diferença em relação ao futuro. As diferenças segundo as safras serão exploradas na seção 4.1.2. Testes de Comparação da Usina A.

A Figura 6 demonstra as médias das variáveis conforme o seu respectivo ano safra. Suas informações em tabela se encontram no Apêndice D desse trabalho. O desvio padrão da Usina A pode ser consultado no Apêndice E.

Figura 6 - Gráficos das médias por Ano Safra da Usina A



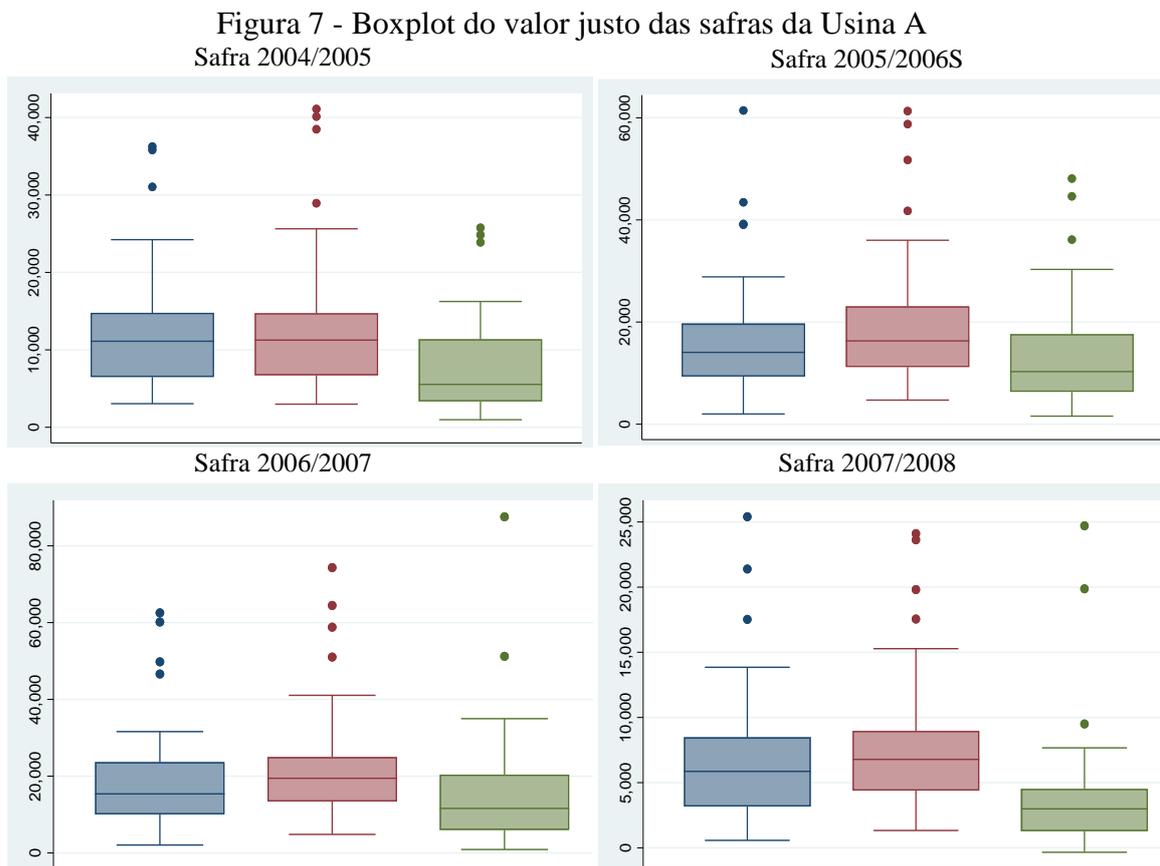
Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a Figura 6, é possível observar que o TCH futuro, de acordo com as safras, em média, apresentou melhores estimativas do que o TCH tradicional, visto que existem menores diferenças quando se compara com o modelo base. Além disso, segundo Agrianual (2007), o TCH do primeiro corte em média de São Paulo é de 122, podendo alcançar 67 toneladas de cana por hectare no sexto corte, resultando em uma variação de -45,08%, reduzindo, em média, 9,016% o rendimento de tonelada por hectare a cada safra. A Figura 6 demonstra que houve um envelhecimento dos canaviais, podendo justificar a queda do TCH durante o período de 2004 a 2006, diminuindo a quantidade de tonelada de cana por hectare. A recuperação na safra 2007/2008 é referente à reforma do canavial, pois 92,69 ha dos 458,31 ha plantados estão em primeiro corte, o que garante a retomada do indicador médio de TCH.

Ainda conforme a Figura 6, quando observa-se o ATR, o modelo tradicional apresentou médias mais aproximadas ao modelo base. Ademais, o ATR demonstrou constância entre as safras, tendo pouca variação em média. No que diz respeito aos indicadores de produtividade, apesar do TCH base ter demonstrado média mais semelhante ao futuro, o ATR base médio indicou melhor aderência ao ATR tradicional. Este último pode ter sido importante para que a receita tradicional média das safras apresentasse maior relação com a receita base média, já que a sua estimativa utiliza o TCH e o ATR. Ao comparar as safras, é importante destacar que as mudanças na receita refletem também a variação do preço de Kg por ATR, que subiu de R\$ 0,25 em 2004/2005 para R\$0,34 em 2006/2007, e, diminuiu para R\$0,24 em 2007/2008. Esse decréscimo está relacionado à crise financeira de 2008, que diminuiu o preço das *commodities* (Cepea, 2008).

Ao avaliar o gráfico de custo, interpreta-se que o custo médio base possui maior aproximação ao custo médio simulado em três safras (2004/2005, 2005/2006, 2006/2007), enquanto o custo médio tradicional se aproxima mais ao custo base na safra 2007/2008. O custo base, ao depender do cálculo do TCH, apresenta uma tendência semelhante de queda que ocorre entre a safra de 2004/2005 a 2006/2007, com uma subida em 2007/2008. Esse aumento de custo de 2006/2007 a 2007/2008 pode ser atribuído, principalmente, ao aumento do custo de corte, carregamento e transporte, que era de R\$7,69 e chegou a R\$12,49 (Agrianual, 2007; Agrianual, 2008).

Nas quatro safras, as médias do valor justo calculadas para modelo tradicional e modelo base são mais semelhantes em todas as safras. Isso pode indicar a importância da estimação da receita e do ATR frente ao custo e a TCH para esboçar melhores estimativas de valor justo. Para complementar a análise descritiva dos dados do valor justo, foram realizados *boxplots*, conforme a Figura 6.



Fonte: Elaboração própria.

Nota: As informações em azul são do valor justo base, em rosa do valor justo tradicional, e do verde valor justo futuro.

Na safra 2004/2005 observa-se que há a presença de *outliers*, porém, no valor justo tradicional, eles se concentram mais acima, apresentando valores atípicos superiores quando comparados às outras estimativas. Ao verificar as medianas entre os grupos da mesma safra, indica-se que o valor justo tradicional e base estão mais aproximados, enquanto a mediana do valor justo futuro está bem inferior, considerando aproximadamente metade da mediana dos demais grupos. O máximo e o mínimo da amostra acompanham a mesma tendência, apresentando uma maior semelhança entre o valor justo base e tradicional.

Na safra 2005/2006 existe a presença de *outliers* em todos os grupos, no entanto no valor justo tradicional estão mais concentrados na parte superior, indicando maiores

valores atípicos na amostra, considerando também uma maior quantidade, sendo quatro *outliers* na amostra do valor justo tradicional frente três das amostras do valor justo base e futuro. A mediana do valor justo tradicional é superior às demais amostras, enquanto a do valor justo futuro é inferior. O máximo e mínimo do valor justo tradicional estão acima do valor justo futuro e base.

Na safra 2006/2007 existem dois *outliers* no valor justo futuro, com um concentrando-se acima em comparação às outras amostras. Todavia, ao avaliar o valor justo base e tradicional encontram-se quatro *outliers*. O máximo, mínimo e a mediana do valor justo tradicional permanecem superiores às demais amostras, ao passo que, o valor justo futuro se mantém com máximo, mínimo e mediana inferiores às outras amostras.

Na safra 2007/2008 a quantia maior de *outliers* está no valor justo tradicional, bem como a mediana, máximo e mínimo estão mais acima quando comparada às outras estimativas. O valor justo futuro apresentou uma mediana, mínimo e máximo inferiores ao valor justo base e tradicional, e demonstrou até valor negativo em seu valor mínimo.

Ao avaliar os três modelos, no contexto geral, é possível observar que o cálculo do valor justo futuro apresentou valores inferiores ao valor justo base. No entanto, o valor justo tradicional demonstrou valores superiores ao do valor justo base. Ou seja, existem evidências de que o valor justo futuro pode estar subavaliado enquanto o valor justo tradicional pode estar sobreavaliado. Na seção seguinte serão detalhados os aprofundamentos da análise para avaliar se os modelos estão compatíveis com o modelo base.

#### **4.1.2. Testes de Comparação da Usina A**

Inicialmente, realizou-se a verificação da distribuição de normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Francia. O objetivo desta etapa é avaliar se um teste paramétrico ou não paramétrico deve ser aplicado para a amostra. Posteriormente, é aplicado teste de comparação dos dados para os três modelos: base, tradicional e futuro. Os resultados do teste de normalidade estão na Tabela 11.

Tabela 11 - Teste de normalidade Shapiro-Francia da Usina A

Ano Safra	Dados	Modelo Base	Modelo Tradicional	Modelo Futuro
		p-valor	p-valor	p-valor
2004/2005	ATR	0,02962	0,05715	0,00089
	TCH	0,24424	0,09236	0,01429
	Receita	0,00012	0,00006	0,00006
	Custo	0,00006	0,00008	0,00008
	Valor justo	0,00012	0,00002	0,00007
2005/2006	ATR	0,6684	0,10387	0,013
	TCH	0,1544	0,17258	0,051
	Receita	0,00004	0,00008	0,00005
	Custo	0,00003	0,00008	0,00007
	Valor justo	0,00005	0,00007	0,00005
2006/2007	ATR	0,62698	0,09869	0,01431
	TCH	0,59777	0,25516	0,00328
	Receita	0,00003	0,00005	0,00001
	Custo	0,00003	0,00006	0,00001
	Valor justo	0,00003	0,00004	0,00001
2007/2008	ATR	0,58192	0,27171	0,04247
	TCH	0,27908	0,0042	0,67809
	Receita	0,0002	0,00009	0,00001
	Custo	0,00053	0,00007	0,00001
	Valor justo	0,00005	0,00007	0,00001

Fonte: Elaboração própria.

Nota 1: A  $H_0$  do teste de Shapiro-Francia é: os dados seguem distribuição normal. O p-valor abaixo ou igual a 0,05 rejeita a hipótese  $H_0$ , enquanto p-valor maior que 0,05 aceita-se  $H_0$ .

Nota 2: Os dados foram analisados por talhões, sendo 44 talhões que foram avaliados anualmente.

Os resultados da tabela mostram que, a amostra possui 26,67% de dados com distribuição normal. Considerando que o teste de Friedman não exige pressuposto da normalidade, ele foi aplicado para comparar a maioria das amostras (Fávero & Belfiore, 2017). Além disso, por definição, o teste é para dados pareados ou emparelhados, visto que, a amostra comparada é a mesma, mudando apenas as estimativas de produtividade.

Adicionalmente, no caso em que foi constatada normalidade, optou-se pela realização do teste de esfericidade de Mauchly, que é um pressuposto do Anova de

Medidas Repetidas, para verificação da necessidade de correção da esfericidade dos dados comparados (Girden, 1992). Dessa forma, havendo a necessidade, foram aplicadas correções de Huynh-Feldt ou Greenhouse-Geisser para as interpretações dos dados fornecidos pela ANOVA de medidas repetidas (Girden, 1992).

Referente ao indicador de produtividade TCH da safra 2005/2006, houve a evidência de normalidade por meio dos resultados da Tabela 11. Neste caso, o mais apropriado foi realizar o teste ANOVA de medidas repetidas, condicionado ao teste de Mauchly e correções. Nos demais casos, os resultados apontaram distribuição não normal em pelo menos um dos três modelos (vide Tabela 11), não permitindo aplicar o ANOVA de medidas repetidas. Assim, os testes indicaram em maioria o uso do teste de Friedman, o qual pode ser observado na Tabela 12.

Tabela 12 - Teste de comparação dos três modelos das medidas de produtividade da Usina A

Safra	Variável	Friedman (p-valor)	Teste de Mauchly (p-valor)	Correção	RM ANOVA (p-valor)
2004/2005	ATR	<.001			
2005/2006		<.001			
2006/2007		<.001			
2007/2008		<.001			
2004/2005	TCH	<.001			
2005/2006			<.001	Greenhouse-Geisser	<.001
2006/2007		<.001			
2007/2008		0,234			

Fonte: Elaboração própria.

Nota 1: O  $H_0$  do teste de Friedman é: não há diferença entre as estimativas.

Nota 2: O  $H_0$  do ANOVA de medidas repetidas é: não há diferença entre os grupos.

Nota 3: Os indicadores foram comparados por meio de três grupos diferentes, sendo o grupo 1 composto pelo modelo base, grupo 2 composto pelo modelo tradicional e grupo 3 composto pelo modelo futuro.

Analisando as medidas de produtividade, é possível notar que os testes demonstram que as amostras do ATR não são provenientes da mesma população em todas as safras, bem como a maioria das safras do indicador de TCH. Exceto na safra 2007/2008, quando o TCH evidenciou um p-valor acima de 0,05 (0,234), permitindo aceitar  $H_0$  e concluir que as amostras são provenientes da mesma população, ou seja, a medida de produtividade tonelada de cana por hectare indicou igualdade entre as amostras de produtividade base, tradicional e futura. Para os demais casos dos indicadores de produtividade, rejeita-se  $H_0$ , demonstrando diferenças entre as amostras (Tradicional, Futuro e Base), o que requer um teste adicional para verificar quais

amostras, em pares, (Tradicional e Futuro, Tradicional e Base, Base e Futuro), apontam diferenças.

A Tabela 13 demonstra o resultado do teste de Durbin-Conover e Tukey para os indicadores de produtividade, considerando ATR e TCH. A escolha do teste ocorreu conforme a Figura 4. O objetivo desse teste é avaliar se há igualdade entre os pares de observações, quando são considerados somente dois modelos de estimativa.

Tabela 13 - Teste de comparação de pares das medidas de produtividade da Usina A

Safra	Teste	Variáveis	p-valor	Variáveis	p-valor	Variáveis	p-valor
2004/2005	Durbin-Conover		0,031		<,001		<,001
2005/2006	Durbin-Conover	ATR Base com ATR	0,089	ATR Base com ATR	<,001	ATR Futuro com ATR	<,001
2006/2007	Durbin-Conover	Tradicional	<,001	Futuro	<,001	Tradicional	<,001
2007/2008	Durbin-Conover		0,305		<,001		<,001
2004/2005	Durbin-Conover		0,016		0,037		<,001
2005/2006	Tukey	TCH Base com TCH	<,001	TCH Base com TCH	0,682	TCH Futuro com TCH	0,008
2006/2007	Durbin-Conover	Tradicional	<,001	Futuro	0,057	Tradicional	<,001
2007/2008	N/A		N/A		N/A		N/A

Fonte: Elaboração própria

Nota 1: No caso em que foi constatada igualdade por meio do teste de Friedman, não foi realizado o teste de Durbin-Conover ou Tukey, retornando o resultado não se aplica (N/A).

Nota 2: A  $H_0$  do teste de Durbin-Conover é: os pares são estatisticamente semelhantes.

Nota 3: O teste de Durbin-Conover não se aplica às medidas de TCH na safra 2007/2008 devido à igualdade encontrada no teste de Friedman.

Os resultados do teste de Durbin-Conover mostram que as amostras de ATR via método tradicional e base são semelhantes nas safras 2005/2006 e 2007/2008. Nas demais safras, não houve igualdade detectada. Os resultados demonstram que o ATR estimado via modelo futuro diverge do modelo base em todas as safras. Isso pode indicar uma dificuldade do modelo agrometeorológico em definir o teor de sacarose (POL<sup>12</sup>), o que afeta a estimativa do açúcar total recuperável, contrariando achados de Vianna, Nassif, Carvalho e Marin. (2020). Além disso, o ATR apresentou resultados que indicam diferenças entre o modelo futuro e tradicional, o que pode ser oriundo da sua metodologia de cálculo, pois enquanto o modelo tradicional prioriza o uso de médias em sua confecção (Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019) o outro utiliza dados

<sup>12</sup> Porcentagem de oligossacarídeos.

que efetuam uma simulação do crescimento da planta através de dados específicos da planta, do solo e da meteorologia (Marin, 2014).

Em contraponto, o TCH apresentou p-valor acima de 0,05 em três safras, quando confrontado o modelo futuro e base. Portanto, conclui-se que há igualdade entre os modelos na maioria das safras, o que é favorável para avaliar a qualidade técnica do Sistema Tempocampo®. Isso demonstra a capacidade do modelo de processos biofísicos em captar as incertezas referentes à cana-de-açúcar neste indicador, devido à quantidade de variáveis utilizadas para sua simulação (Marin, 2004). No entanto, o modelo tradicional demonstrou igualdade somente em uma safra (2007/2008), o que pode estar relacionado à falta de capacidade em detectar a sazonalidade dos ativos biológicos pode comprometer a técnica da avaliação por meio da média das safras passadas, podendo influenciar a capacidade de prever o TCH (Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019).

As comparações entre os modelos tradicionais e futuros demonstram que existe só um caso no qual há semelhança entre os dados, que é na comparação do TCH da safra 2007/2008. Os resultados demonstram que existem diferenças entre o modelo tradicional e futuro em relação ao cálculo dos indicadores de produtividade, seja o ATR ou o TCH. Dessa forma, destaca-se que a metodologia de cálculo pode gerar divergências entre suas estimativas.

Justifica-se a avaliação e comparação dos indicadores de produtividade pela participação que esses dados têm no cálculo do valor justo - vide tabela 5. O ATR e o TCH influenciam o cálculo da receita de venda, enquanto o TCH é usado no cálculo dos custos, e, posteriormente, ambos têm impacto na estimativa do valor justo da cana-de-açúcar.

Em seguida, a Tabela 14 apresenta o Teste de Friedman da receita, do custo e valor justo, pois, de acordo com a Tabela 11, não há normalidade nos números contábeis da Usina A.

Tabela 14 - Teste de comparação dos três modelos dos números contábeis da Usina A

Safra	Variável	p-valor
2004/2005	Receita	<.001
2005/2006		<.001
2006/2007		<.001
2007/2008		<.001
2004/2005	Custo	<.001
2005/2006		0,012
2006/2007		<.001
2007/2008		0,234
2004/2005	Valor Justo	<.001
2005/2006		<.001
2006/2007		<.001
2007/2008		<.001

Fonte: Elaboração própria.

Nota 1: O  $H_0$  do teste de Friedman é: as amostras são provenientes da mesma população.

Nota 2: Os indicadores foram comparados por meio de três grupos diferentes, sendo o grupo 1 composto pelo modelo base, grupo 2 composto pelo modelo tradicional e grupo 3 composto pelo modelo futuro.

Enfatiza-se que o p-valor acima de 0,05 (0,234) do custo no teste de Friedman na safra 2007/2008 destaca que os custos constituídos por produtividade base, futura e tradicional são similares. Porém, os números contábeis de receita e valor justo não apresentaram significância na Tabela 14, em nenhuma safra. Dessa forma, para investigar quais são as diferenças predominantes entre os modelos de receita, custo (das safras 2004/2005, 2005/2006, 2006/2007) e valor justo foi realizado o teste de Durbin-Conover, que é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Teste de comparação de pares dos cálculos contábeis da Usina A

Safra	Variáveis	p-valor	Variáveis	p-valor	Variáveis	p-valor
2004/2005		0,066		<.001		<.001
2005/2006	Receita Base com Receita Tradicional	0,123	Receita Base com Receita Futura	<.001	Receita Futura com Receita Tradicional	0,001
2006/2007		<.001		0,001		0,015
2007/2008		0,231		<.001		0,001
2004/2005		0,016		0,037		<.001
2005/2006	Custo Base com Custo Tradicional	0,007	Custo Base com Custo Futura	0,825	Custo Futuro com Custo Tradicional	0,012
2006/2007		<.001		<.001		0,057
2007/2008		N/A		N/A		N/A
2004/2005		0,174		<.001		<.001
2005/2006	VJ Base com VJ Tradicional	0,263	VJ Futuro com VJ Tradicional	<.001	VJ Base com VJ Futuro	<.001
2006/2007		<.001		<.001		<.001
2007/2008		0,002		<.001		<.001

Fonte: Elaboração própria

Nota 1:

Nota 2: A  $H_0$  do teste de Durbin-Conover é: os grupos são estatisticamente semelhantes.

Nota 3: O teste de Durbin-Conover não se aplica às medidas de TCH na safra 2007/2008 devido à igualdade encontrada no teste de Friedman.

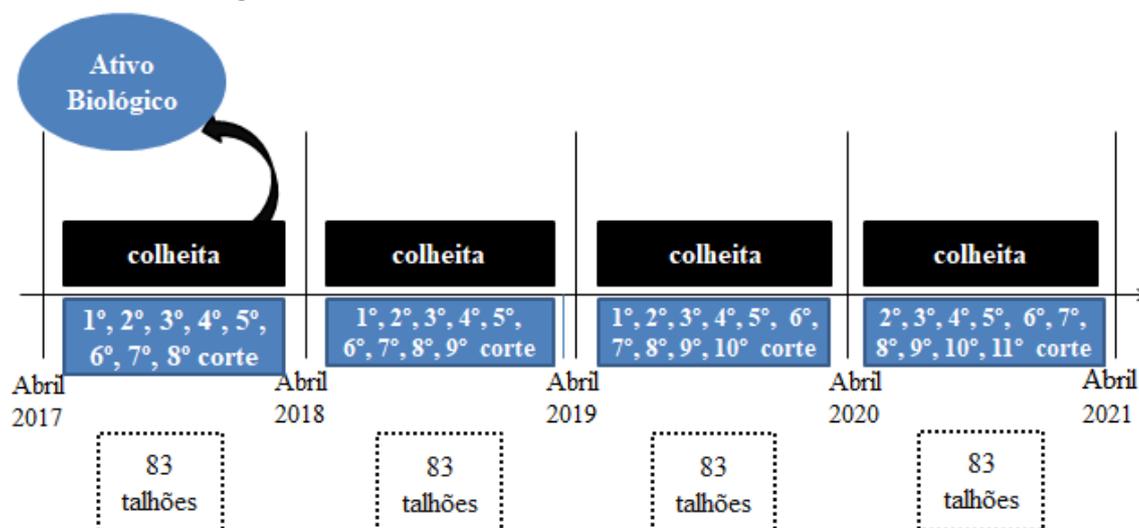
Os modelos da receita base e tradicional de três safras (2004/2005, 2005/2006, 2007/2008) foram considerados estatisticamente similares, por possuírem p-valor acima de 0,05. No entanto, nas demais comparações (receita base com futura, receita futura com tradicional) não houve coeficientes significativos. Ao avaliar a tabela 14 e 15, em relação ao custo, o modelo futuro apresentou duas safras consideradas semelhantes ao modelo base, enquanto o modelo tradicional apresentou somente uma safra com coeficiente significativo quando comparado ao modelo base. Já o custo futuro em comparação ao tradicional apresentou duas safras similares. O valor justo por meio do cálculo com produtividade estimada por meio de médias históricas apresentou diferença em duas safras, enquanto o valor justo calculado por meio da modelagem baseada em processos não demonstrou significância em nenhuma safra.

Em resumo, os testes anteriores mostraram que o modelo baseado em processos apresentou superioridade para TCH e custo, enquanto o modelo tradicional demonstrou melhor desempenho em relação ao ATR, receita e valor justo. Isso sugere que há uma influência do ATR na receita e conseqüentemente no valor justo, o que pode indicar o modelo tradicional como mais adequado para estimar o valor justo, no caso da Usina A. Por outro lado, a TCH pode ter afetado o resultado obtido com o custo (visto que seus p-valores são semelhantes).

#### **4.2. Usina B**

A amostra dessa usina compreende uma área 6.861 hectares, totalizando 48 setores (ou fazendas) da safra de 2017/2018 a 2020/2021. Esses dados são considerados mais recentes que a amostra da Usina A, apontando também um número maior de observações (322 talhões de quatro safras). A Figura 8 demonstrou a primeira safra de Abril de 2017, considerando 83 talhões por safras, tendo seus cortes distribuídos entre o 1º e o 8º corte. Os demais detalhes das outras safras estão na Figura 8. Na safra 2018/2019 existem 2 talhões com nova planta portadora, indicando uma cana de primeiro corte, e na safra 2019/2020 somente um talhão de primeiro corte.

Figura 8 - Detalhes da amostra da Usina B



Fonte: Elaboração própria.

Conforme a Tabela 16 é possível observar a estatística descritiva da Usina B, apresentando média, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis estudadas.

Tabela 16 - Estatística Descritiva da Amostra Total da Usina B

Variável	Obs.	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
TCH Base	332,00	80,67	19,64	30,00	134,02
TCH Tradicional	332,00	88,26	10,38	62,17	115,00
TCH Futuro	332,00	79,29	20,85	22,04	140,96
ATR Base	332,00	132,74	18,85	34,36	198,23
ATR Tradicional	332,00	127,49	10,74	94,60	172,74
ATR Futuro	332,00	132,75	20,65	26,23	190,06
Receita Base	332,00	557.212,60	522.409,40	28.354,14	4.754.022,00
Receita Tradicional	332,00	588.117,40	502.548,10	47.465,02	3.564.096,00
Receita Futura	332,00	549.469,60	511.370,90	17.346,87	4.668.830,00
Custo Base	332,00	178.898,60	170.977,80	6.844,57	1.573.960,00
Custo Tradicional	332,00	198.001,60	180.759,60	15.776,15	1.461.242,00
Custo Futuro	332,00	186.365,30	178.667,00	13.094,77	1.547.433,00
Valor Justo Base	332,00	296.233,80	296.599,20	-29.929,57	2.607.875,00
Valor Justo Tradicional	332,00	306.748,80	261.798,90	21.975,06	1.876.746,00
Valor Justo Futuro	332,00	281.883,00	286.951,50	-38.306,52	2.554.419,00

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Os números contábeis estão em reais.

A estatística descritiva demonstra a heterogeneidade da amostra, isso ocorreu pois existem áreas de 7 a 447 hectares, resultando em variação principalmente da receita, custo e valor justo, o que pode ser um fator determinante para o desvio padrão apurado desses cálculos contábeis. Em média, há uma aproximação maior do TCH e

ATR dos modelos base e futuro. Além disso, a média da receita base se encontra mais próxima da receita futura, bem como o custo base permanece mais próximo ao futuro.

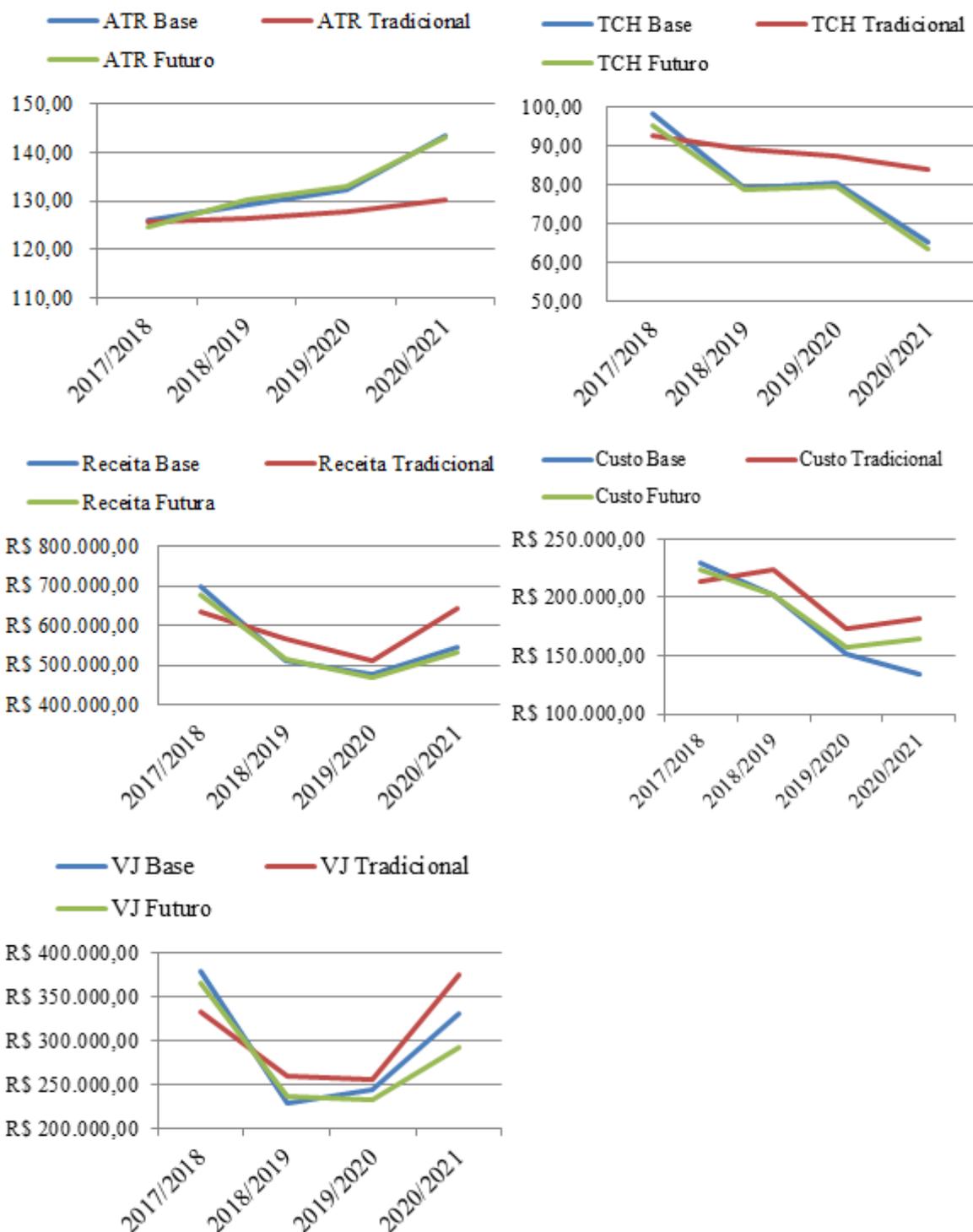
O valor justo apresenta em seu valor mínimo dois indicadores negativos em dois modelos (base e futuro), o que demonstra que certos talhões podem não ser viáveis economicamente em determinadas épocas, isso devido sua baixa produtividade. Porém, ao verificar o valor justo tradicional não há estimativa negativa, mostrando a divergência que o uso de médias para as estimativas de produtividade pode causar em determinados talhões. Finalmente, analisando a média do valor justo base, tem-se que sua média possui maior diferença com o modelo futuro do que com o modelo tradicional.

A Figura 9 apresenta as médias separadas por ano safra de todos os indicadores de produtividade e dos cálculos contábeis, que também estão localizadas no Apêndice F. O desvio padrão foi disponibilizado através do Apêndice G.

De acordo com as informações da figura, tem-se que a média calculada com a estimativa de produtividade vinda do modelo baseado em processos (modelo futuro) é mais aproximada em todos os anos safra das variáveis analisadas, exceto no caso do açúcar total recuperável (ATR) da safra 2017/2018. Assim, nota-se a importância de considerar os efeitos da planta, ar e atmosfera, incorporados pelo modelo de Marin (2014).

O ATR base subiu 17,43 em média da safra 2017/2018 a 2020/2021, demonstrando aumento da qualidade de cana, maximizando a quantidade de açúcar extraído da mesma no período. A tonelada de cana por hectare base sofreu uma diminuição na sua média ao decorrer das safras devido ao envelhecimento do canavial, enquanto a safra 2017/2018 tem cana de 1º a 8º corte, a safra de 2020/2021 possui cana do 2º ao 11º corte. No Agriannual (2021) é possível consultar que a cana de primeiro corte pode ter 125 toneladas por hectare, enquanto a de quinto corte pode chegar a 75 toneladas por hectare, resultando em uma variação de -40%. Ou seja, em média, perde-se 10% da tonelada de cana por hectare a cada corte.

Figura 9 - Gráficos das médias por Ano Safra da Usina B

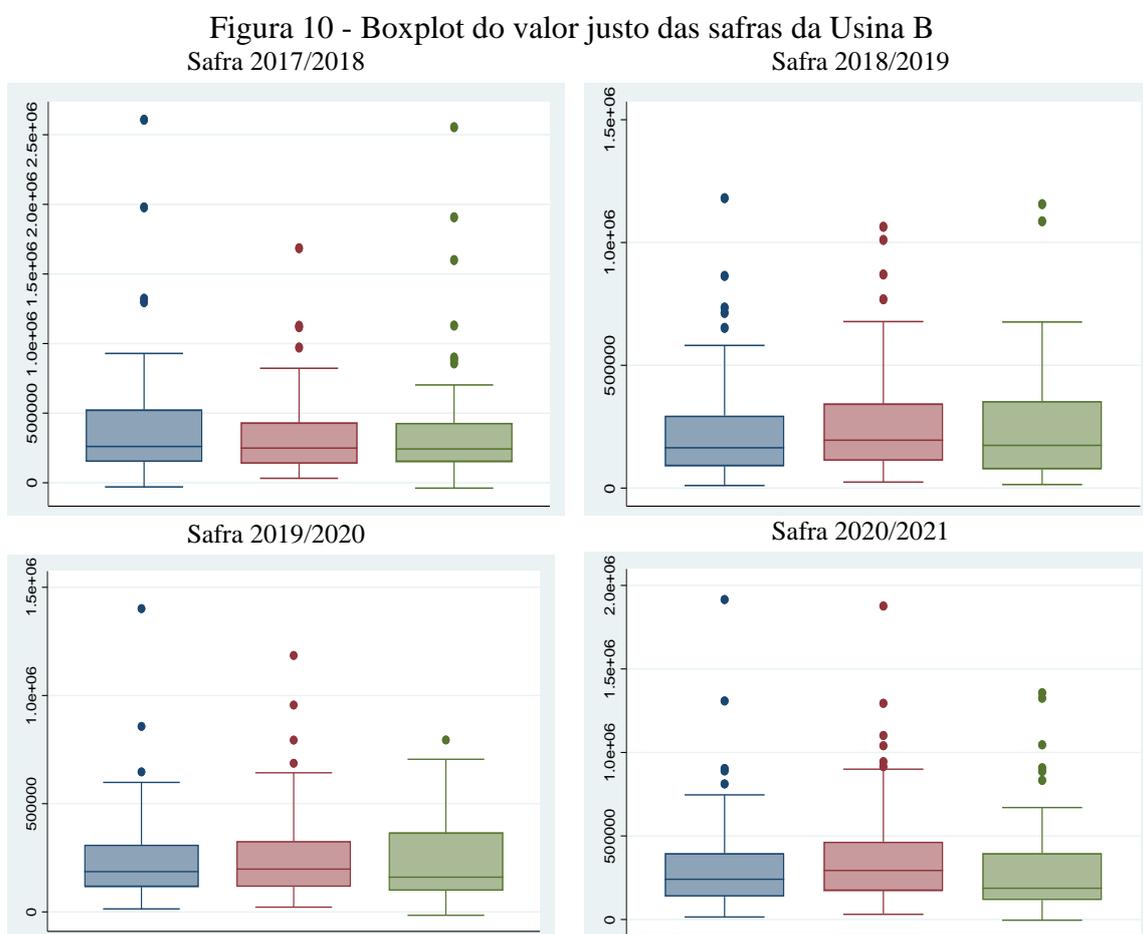


Fonte: Elaboração própria.

A receita média base reflete a variação do preço do Kg de ATR, que registrou R\$0,7095 em 2017/2018, caindo até R\$0,5979 em 2019/2020, posteriormente subindo a R\$0,7678; essa variação ajuda a explicar o comportamento da receita, observada na figura 9. Lembrando que os valores do preço do Kg de ATR foram cedidos pela usina

B. Os custos com tratos culturais tiveram uma redução no período, que indicou em 2017/2018 um valor de R\$209,60 por hectare e em 2020/2021 apresentou um valor de R\$136,59, resultando em uma diminuição de 34,83%, segundo dados internos da usina. Finalmente, o valor justo médio base teve uma diminuição em 2018/2019, com uma relativa estagnação até 2019/2020, e uma recuperação em 2020/2021. Sua linha de tendência se assemelha a da receita.

A fim de complementar e aprofundar a análise do valor justo foram realizados *Boxplots* dos três modelos (base, tradicional e futuro) para comparação das amostras, que pode ser observado na figura 10.



Fonte: Elaboração própria.

Nota: As informações em azul são do valor justo base, em rosa do valor justo tradicional, e do verde valor justo futuro.

Na safra 2019/2020 o maior *outlier* está no modelo base, porém a maior quantidade de valores atípicos está concentrada no modelo tradicional. As medianas dos modelos possuem pouca variação quando comparadas as outras safras. O valor justo

futuro possui a maior amplitude interquartil, demonstrando uma maior dispersão, além de apresentar uma maior variação absoluta – diferença entre máximo e mínimo.

Na safra 2020/2021 o valor justo base possui o maior *outlier*, porém o modelo tradicional tem a maior quantidade de *outliers* concentrado na parte superior do *boxplot*. A mediana do modelo tradicional é superior a do modelo base, enquanto a mediana do modelo futuro é inferior à do modelo base. O modelo tradicional possui a maior divergência entre o limite superior e inferior.

Em síntese, o *boxplot* permitiu uma análise visual do valor justo para os três modelos, sendo que o modelo tradicional apresenta estimativas superiores de valor justo do que o modelo base, com exceção de uma safra. Já o modelo futuro apresentou inferioridade em duas safras e superioridade em duas safras. Assim, foi necessário um aprofundamento de análise para verificar se há realmente diferenças significativas nos modelos.

#### **4.2.1 Testes de Comparação da Usina B**

Para definição do teste mais adequado dessa pesquisa, foi aplicado o teste de normalidade Shapiro-Francia, com o propósito de analisar o pressuposto da normalidade. Os resultados dos testes podem ser observados na Tabela 17.

Tabela 17 - Teste de normalidade Shapiro-Francia da Usina B

Ano Safra	Dados	Modelo base	Modelo tradicional	Modelo futuro
		p-valor	p-valor	p-valor
2017/2018	ATR	0,0000	0,0064	0,0002
	TCH	0,5503	0,7418	0,2232
	Receita	0,0000	0,0000	0,0000
	Custo	0,0000	0,0000	0,0000
	Valor justo	0,0000	0,0000	0,0000
2018/2019	ATR	0,0685	0,2208	0,1653
	TCH	0,6375	0,3794	0,6954
	Receita	0,0000	0,0000	0,0000
	Custo	0,0000	0,0000	0,0000
	Valor justo	0,0000	0,0000	0,0000
2019/2020	ATR	0,0027	0,7046	0,8556
	TCH	0,2416	0,6181	0,0537
	Receita	0,0000	0,0000	0,0000
	Custo	0,0000	0,0000	0,0000
	Valor justo	0,0000	0,0000	0,0001
2020/2021	ATR	0,3110	0,9548	0,3196
	TCH	0,7576	0,1996	0,2816
	Receita	0,0000	0,0000	0,0000
	Custo	0,0000	0,0000	0,0000
	Valor justo	0,0000	0,0000	0,0000

Fonte: Elaboração própria.

Nota: A  $H_0$  do teste de Shapiro-Francia é: os dados seguem distribuição normal. O p-valor abaixo ou igual a 0,05 rejeita a hipótese  $H_0$ , enquanto p-valor maior que 0,05 aceita-se  $H_0$ .

Os dados mostram que somente 33,33% das variáveis possuem distribuição normal. Nesses casos em que foi constatada normalidade realizou-se o teste de Mauchly para detecção da esfericidade, seguido da correção por Huynh-Feldt ou Geenhouse-Geisser, se necessário, a fim de acessar os resultados da ANOVA de medidas repetidas (Girden, 1992; Field, 2009). Nos demais casos, em que não ocorrem a distribuição normal, é mais indicado o uso do teste de Friedman, já que esse teste não exige o pressuposto da normalidade (Fávero & Belfiore, 2017).

Denota-se que os dados de produtividade foram comparados pelo teste de Friedman ou ANOVA de medidas repetidas (RM ANOVA) conforme Tabela 18.

Tabela 18 - Teste de comparação entre os modelos das medidas de produtividade da Usina B

Safra	Variável	Friedman (p-valor)	Teste de Mauchly (p-valor)	Correção	RM ANOVA (p-valor)
2017/2018	ATR	0,05			
2018/2019			<0,001	Huynh-Feldt	0,08
2019/2020		0,074			
2020/2021			<0,001	Greenhouse-Geisser	<0,001
2017/2018	TCH		<0,001	Huynh-Feldt	<0,001
2018/2019			<0,001	Huynh-Feldt	<0,001
2019/2020			<0,001	Greenhouse-Geisser	<0,001
2020/2021			<0,001	Greenhouse-Geisser	<0,001

Fonte: Elaboração própria.

Nota 1: O  $H_0$  do teste de Friedman é: não há diferença entre as estimativas.

Nota 2: O  $H_0$  do ANOVA de medidas repetidas é: não há diferença entre os grupos.

Nota 3: Os indicadores foram comparados por meio de três grupos diferentes, sendo o grupo 1 composto pelo modelo base, grupo 2 composto pelo modelo tradicional e grupo 3 composto pelo modelo futuro.

Os testes de comparação mostram que o ATR não possui diferença entre as três amostras em duas safras (2018/2019 e 2019/2020), devido seu p-valor estar acima de 0,05. No entanto, ainda restam duas safras para detectar quais são os grupos que possuem diferença na estimativa de ATR. Já o TCH apresentou diferenças significativas em todas as safras. Isso aponta a necessidade de realização de teste de comparação de pares adicionais para verificar onde se encontram essas divergências, considerando a safra 2020/2021 de ATR e todas as safras de TCH.

A Tabela 19 demonstra os testes de comparação de pares realizados para os indicadores de produtividade (ATR e TCH). Enfatiza-se que não foram realizados testes para o ATR de 2018/2019 e 2019/2020 devido à significância encontrada na Tabela 18. Conforme os testes de comparação que não apresentaram significância no teste Friedman ou Anova de Medidas Repetidas, foi utilizado teste de comparação de pares para complementar a análise.

Tabela 19 - Teste de comparação de pares dos indicadores de produtividade da Usina B

Safra	Teste	Variáveis	p-valor	Variáveis	p-valor	Variáveis	p-valor
2017/2018	Durbin-Conover		0,015		0,141		0,326
2018/2019	N/A	ATR Base com ATR	N/A	ATR Base com ATR Futuro	N/A	ATR Futuro com ATR	N/A
2019/2020	N/A	Tradicional	N/A		N/A	Tradicional	N/A
2020/2021	Tukey		<.001		0,897		<.001
2017/2018	Tukey		<.001		<.011		0,155
2018/2019	Tukey	TCH Base com TCH	<.001	TCH Base com TCH Futuro	0,941	TCH Futuro com TCH	<.001
2019/2020	Tukey	Tradicional	<.001		0,807	Tradicional	<.001
2020/2021	Tukey		<.001		<.189		<.001

Fonte: Elaboração própria.

Nota 1: Nos casos em que foi constatada igualdade por meio do teste de Friedman ou Anova de Medidas Repetidas, não foi realizado o teste de Durbin-Conover ou Tukey, retornando o resultado não se aplica (N/A).

Nota 2: O  $H_0$  do teste de Tukey é: não há diferença entre a média dos pares.

Nota 3: A  $H_0$  do teste de Durbin-Conover é: os pares são estatisticamente semelhantes.

De acordo com os dados das tabelas 18 e 19, a análise permite afirmar que não há diferenças entre o ATR base e o ATR futuro nas quatro safras, já o ATR base e o ATR tradicional possuem duas safras semelhantes, e a comparação do ATR futuro e o tradicional resultou em três safras semelhantes. Dessa forma, a Usina B forneceu resultados que reforçam o bom desempenho do modelo SAMUCA em estimar o POL da cana, e, conseqüentemente, o ATR, entra em concordância com os achados de Vianna, Nassif, Carvalho e Marin (2020).

Já o TCH base e o tradicional possuem divergências em todas as safras, enquanto o TCH base e o futuro apresentam semelhanças em três safras. O TCH futuro em relação ao tradicional têm divergências em três safras. Assim, os resultados indicam que o modelo futuro pode contribuir para a estimativa de valor justo, sendo que apresentou resultados mais significativos que o modelo tradicional.

Na Tabela 20 é possível observar os testes de Friedman para a receita, custo e valor justo.

Tabela 20 - Teste de comparação entre os três modelos dos números contábeis da Usina B

Safra	Variável	p-valor
2017/2018	Receita	<.001
2018/2019		<.001
2019/2020		0.005
2020/2021		<.001
2017/2018	Custo	<.001
2018/2019		<.001
2019/2020		<.001
2020/2021		<.001
2017/2018	Valor Justo	<.001
2018/2019		<.001
2019/2020		0.377
2020/2021		<.001

Fonte: Elaboração própria.

Nota 1: O  $H_0$  do teste de Friedman é: não há diferença entre as estimativas.

Nota 2: Os indicadores foram comparados por meio de três grupos diferentes, sendo o grupo 1 composto pelo modelo base, grupo 2 composto pelo modelo tradicional e grupo 3 composto pelo modelo futuro.

Os resultados do teste de Friedman indicaram que, devido ao p-valor ser abaixo de 0,05 na maioria dos cálculos contábeis, isso evidenciou que existem diferenças entre os modelos que devem ser exploradas por meio de testes adicionais. No entanto, no caso da safra de 2019/2020 do valor justo ocorreu à comprovação que as amostras são provenientes da mesma população, isso pode ser proveniente do impacto da estimativa de ATR, que também apresentou um desempenho similar. Ou seja, exceto o caso do valor justo da safra 2019/2020, houve a necessidade de realização de testes adicionais para verificar quais são as principais diferenças entre grupos quando avaliados em relação aos pares, através do teste de Durbin-Conover. Seus resultados foram calculados e estão dispostos na Tabela 21.

Tabela 21 - Teste de comparação de pares dos números contábeis da Usina B

Safra	Variáveis	p-valor	Variáveis	p-valor	Variáveis	p-valor
2017/2018		<0,001		<0,001		0,150
2018/2019	Receita Base com	<0,001	Receita Base	0,022	Receita Futura com	<0,001
2019/2020	Receita	0,057	com Receita	0,153	Receita Tradicional	0,001
2020/2021	Tradicional	<0,001	Futura	<0,001		<0,001
2017/2018		<0,001		<0,001		0,032
2018/2019	Custo Base com	<0,001	Custo Base	0,055	Custo Futuro com	<0,001
2019/2020	Custo Tradicional	<0,001	com Custo	0,146	Custo Tradicional	<0,001
2020/2021		<0,001	Futuro	<0,001		<0,001
2017/2018		<0,001		<0,001		<0,281
2018/2019	VJ Base com VJ	0,004	VJ Base com	0,016	VJ Futuro com VJ	<0,001
2019/2020	Tradicional	N/A	VJ Futuro	N/A	Tradicional	N/A
2020/2021		<0,001		0,003		<0,001

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Nos casos em que foi constatada igualdade por meio do teste de Friedman, não foi realizado o teste de Durbin-Conover, retornando o resultado não se aplica (N/A).

Os resultados evidenciaram que os modelos em pares da safra de 2017/2018 obtiveram igualdade entre receita futura e tradicional, enquanto a receita base e futura, nem como a receita base com a tradicional demonstraram semelhança na safra 2019/2020. O custo base e tradicional demonstraram divergências em todas as safras, bem como o custo futuro e tradicional. No entanto, o custo base e custo futuro indicaram que, em duas safras, existem semelhanças entre as amostras, nas safras 2018/2019 e 2019/2020. O valor justo já havia demonstrado através do teste de Friedman igualdade entre todos os modelos em 2019/2020. Além disso, em 2017/2018 existiu semelhanças entre os modelos futuro e tradicional do valor justo.

Em geral, o modelo futuro se demonstrou superior ao modelo tradicional, visto que apresentou mais casos de semelhança com o modelo base quando avaliadas todas as estimativas individualmente. No entanto, isso não foi suficiente para trazer um desempenho melhor ao valor justo, que demonstrou somente na safra 2019/2020 uma igualdade entre os três modelos, indicando que tanto o modelo tradicional quanto o futuro poderiam ser utilizados.

### 4.3. Síntese dos Resultados

A fim de avaliar as hipóteses propostas no estudo, foi realizada a síntese dos resultados das duas usinas, o que permitiu avaliar de maneira geral o comportamento

dos indicadores de produtividade e números contábeis em função das estimativas utilizadas.

Tabela 22 - Resultados das Usinas

Usina	Dados	Modelo Tradicional	Modelo Futuro	Opção	
Usina A	Indicadores de produtividade	ATR	Diferenças em duas safras.	Diferenças em todas as safras.	Tradicional
		TCH	Diferenças em três safras.	Diferenças em uma safra.	Futuro
	Números contábeis	Receita	Diferença em uma safra.	Diferenças em todas as safras.	Tradicional
		Custo	Diferença em três safras.	Diferenças em duas safras.	Futuro
		Valor Justo	Diferenças em duas safras.	Diferenças em todas as safras.	Tradicional
Usina B	Indicadores de produtividade	ATR	Diferenças em duas safras.	Diferença em nenhuma safra.	Futuro
		TCH	Diferenças em quatro safras.	Diferença em uma safra.	Futuro
	Números contábeis	Receita	Diferenças em três safras.	Diferenças em três safras.	Tradicional/Futuro
		Custo	Diferença em quatro safras.	Diferenças em duas safras.	Futuro
		Valor Justo	Diferenças em três safras.	Diferenças em três safras.	Tradicional/Futuro

Fonte: Elaboração própria.

Nota 1: O modelo tradicional e futuro são avaliados conforme a comparação com o modelo base.

Nota 2: A coluna “opção” detalha o modelo com menos casos de diferença com o modelo base, avaliado através das safras.

Morozova et al. (2019) e Herbohn e Herbohn (2006) pontuam que a produção é impactada pelas condições do clima, solo e biológicos que afetam o valor justo (Rech & Pereira, 2012), portanto, é necessário efetuar a estimativa de produção dos ativos biológicos com cautela. Porém, os dados apontam que tanto o modelo tradicional quanto o modelo futuro possuem capacidade de melhorar seu desempenho quanto à previsão de estimativa de produtividade. Nesse aspecto, encontrou-se dificuldade para determinar o ATR e o TCH, já que os resultados demonstram que há diferença em pelo menos uma das safras avaliadas em ambos os modelos. Isso pode ser prejudicial ao cálculo do ativo biológico, já que a produtividade é um dos fatores que afeta o valor justo (Rech & Pereira, 2012; Lento, Bujaki & Yeung, 2018).

Cavalheiro, Gimenes e Binotto (2019) destacaram em sua pesquisa que os profissionais de contabilidade realizam médias de safras anteriores para construir a mensuração da cana-de-açúcar. Nesse estudo, foi adotado como “modelo tradicional”, e seus resultados mostram que o ATR do modelo tradicional apresentou semelhança com o modelo base em duas safras tanto na Usina A quanto na Usina B. Já o TCH tradicional demonstrou igualdade em uma safra através da Usina A, e em nenhuma safra

na Usina B. Destaca-se que o modelo tradicional não consegue capturar os efeitos das condições climáticas, hídricas, biológicas e do solo que afetam a produtividade (Kumar, 2014; Rudorff & Batista, 1990; Pilau & Marin, 2019) o que pode contribuir para a incapacidade do modelo de capturar a “transformação biológica” do ativo, colocada pelo CPC 29.

O modelo tradicional pode ser considerado um modelo simplificado quando comparado às oportunidades ofertadas pela agronomia através dos modelos de cultura baseado em processos, que utilizam variáveis agrônomicas e ambientais para criar modelos de previsão de colheita mais eficientes, através de equações e códigos de programação, acompanhando o avanço da tecnologia (Ferraro, Rivero & Ghersa, Pilau & Marin, 2019).

Nesse contexto, seguindo a hipótese formulada nesse estudo, têm-se a aceitação da **H1a**, visto que 68,75% - 11 safras de 16 safras no total - dos indicadores de produtividade da tabela 22 apresentaram diferenças significativas conforme o modelo base, indicando uma possibilidade de melhoria nas premissas utilizadas. Assim, afirma-se que a representação de *inputs* de produtividade baseados no modelo tradicional diverge da representação de *inputs* de produtividade do modelo base, conforme esperado.

A hipótese **H1b** segue a mesma linha da **H1a**, indicando que a representação do valor justo baseada na produtividade do modelo tradicional diverge da representação do valor justo baseada na produtividade do modelo base. De acordo com os dados dos testes, é possível observar que 62,5% - 5 safras de 8 safras no total - dos cálculos de valor justo estimados das safras avaliadas apresentaram divergências significativas quando comparados ao valor justo base.

Ou seja, conforme metade dos resultados aponta para a discrepância do valor justo tradicional em relação ao valor justo base, existem indicativos de que o valor justo tradicional não traz representação fidedigna aos balanços das usinas, e é possível aceitar a hipótese **H1b**, sendo assim, o valor justo do modelo tradicional diverge do valor justo do modelo base. Assim, pontua-se que o valor justo tradicional pode não representar a realidade econômica do ativo, trazendo distorções vinculadas à produtividade, o que pode ser significativo para as usinas (Silva, Nardi, Mendes, & Oliveira, 2022), isso é importante já que as mudanças dos ativos biológicos são refletidas no resultado (Penman, 2007).

Em relação ao modelo futuro, tem-se que 37,5% das safras - 6 safras das 16 safras no total - representaram diferenças quando comparadas ao modelo base quando avaliado o açúcar total recuperável e a tonelada de cana por hectare das duas usinas. Complementarmente, os testes de ATR da usina B indicaram que não houve nenhuma estimativa diferente entre modelo base e futuro em nenhuma safra, ou seja, houve um desempenho satisfatório dessa estimativa neste caso, indicando que o modelo SAMUCA pode ser uma boa fonte de informação, confirmando os achados de Vianna, Nassif, Carvalho e Marin (2020).

No entanto, considerando as duas usinas, como mais de um terço das safras avaliadas apresentaram resultados significativos para os indicadores de produtividade, não é possível afirmar que a hipótese **H2a** foi aceita, rejeitando o fato de que a representação de *inputs* de produtividade baseados no modelo futuro se aproxima da representação de *inputs* de produtividade do modelo base. Porém, pontua-se que o modelo futuro teve um desempenho superior ao modelo tradicional ao estimar os indicadores de produtividade, sendo que sua diferença - 62,5% de diferenças dos indicadores nas safras - foi maior do que a encontrada pelo modelo SAMUCA - 37,5% de diferença.

O modelo de processos biofísicos viabilizado pelo Sistema Tempocampo® teve um desempenho insatisfatório quando foram avaliadas as estimativas do valor justo. Destaca-se que 87,5% das safras apresentaram diferenças quando comparadas ao valor justo base. Isso evidenciou que o modelo futuro pode não garantir representação fidedigna ao cálculo da cana-de-açúcar, o que ocasionou na rejeição da hipótese **H2b** de que a representação do valor justo baseada na produtividade do modelo futuro se aproxima da representação do valor justo baseada na produtividade do modelo base.

Porém, destaca-se que houve a superioridade do modelo futuro ao modelo tradicional ao estimar os indicadores de produtividade, como já esperado anteriormente, pois o modelo futuro consegue capturar variáveis relacionadas à planta, solo e clima (Marin, 2014), diferentemente do modelo tradicional. Contudo, isso não foi suficiente para garantir um desempenho melhor ao calcular o valor justo da cana-de-açúcar das usinas. Dessa forma, com resultados superiores indicados pelos testes através do modelo tradicional com o modelo base, existem indicativos de uma maior representação fidedigna e utilidade da informação por meio dessa fonte de informação (Machado,

Martins & Carvalho, 2014). No entanto, ainda existem possibilidades de melhoria de ambos os modelos em relação ao valor justo, já que mais da metade dos testes, quando avaliadas as duas usinas, apontam para diferenças entre as amostras das estimativas de valor justo, ou seja, ambos os modelos apresentam dificuldades para representar de maneira fidedigna a cana-de-açúcar.

Na tabela 22 também é possível identificar uma diferença entre os resultados das usinas A e B do modelo futuro. Isso pode ser oriundo da forma como o modelo representa as condições ambientais (solo e clima) e de manejo de cada usina, sendo mais apropriado para uma delas e menos adequado para a outra. Além disso, o modelo SAMUCA considera a forma de plantio mais atual (taxa de adubação, forma de aplicar vinhaça, variedade, etc.), podendo justificar as diferenças de resultados encontrados na usina A e B, sendo os resultados da usina B melhores que a usina A.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Existe uma discussão sobre os ativos biológicos, principalmente sobre aqueles mensurados sem mercado ativo (Bohušová & Sbodova, 2017; Herbohn & Herbohn, 2006; Machado, Martins & Carvalho, 2014; Eilifsen, Hamilton & Messier, 2020). A principal preocupação citada pela literatura é a subjetividade inerente ao processo de mensuração desses ativos (Bohušová & Sbodova, 2017; Morozova, Akhmadeev, Bykanova & Philippova, 2019; Rech & Pereira, 2012). Isso é ocasionado pela flexibilidade dos profissionais contábeis em selecionar as fontes de informação que acham convenientes para o processo de precificação dos ativos biológicos.

No CPC 29, existe a menção direta da avaliação da transformação biológica que é necessária para avaliar os benefícios econômicos futuros das plantas e animais vivos, sendo importante para realização de sua avaliação. A produtividade é uma das premissas para a avaliação dos ativos biológicos sem mercado ativo (Rech & Pereira, 2012; Silva, Nardi, Mendes, & Oliveira, 2022; Cavalheiro, Gimenes, Binotto & Fietz, 2019) e é um tema pouco abordado pelos estudos aliados a contabilidade, tendo sido citada especificamente por Lento, Bujaki e Yeung (2018) e Cavalheiro, Gimenes, Binotto e Fietz (2019).

Na cultura da cana-de-açúcar, uma das maneiras de avaliar a produtividade é conforme média das safras passadas (Cavalheiro, Gimenes & Binotto, 2019) e também

existem maneiras mais atuais, como a fornecida por Marin (2014) que efetua a simulação do crescimento da planta, sendo uma maneira prospectiva de fornecer um *input* de produtividade para os modelos de mensuração. A primeira aparenta ser uma maneira mais simples e ágil de fazer o processo, desconsiderando fatores específicos que podem afetar a plantação. Já a segunda inclui avaliação de fatores mais específicos, atrelando conhecimentos diversos de área, especificidades da planta, solo, clima e atmosfera para identificar a produtividade, apresentando uma oportunidade mais promissora e mais recente de obter a produtividade.

Os resultados em geral, considerando todas as estimativas (indicadores de produtividade e números contábeis) apresentaram resultados mistos, já que a Usina A indica a preferência pelo uso do modelo tradicional, enquanto a Usina B aponta para o uso do modelo futuro. Porém, ao detalhar os resultados especificamente, o ATR apresentou melhores resultados quando comparado ao modelo base com o modelo tradicional, porém o TCH indicou resultados mais favoráveis com o modelo SAMUCA. Em sequência, a receita especificamente demonstrou melhor desempenho com o modelo tradicional, enquanto o custo mostrou melhor *performance* através do modelo futuro. Isso pode indicar que utilizar os dois modelos no momento de definir os indicadores de produtividade pode ser uma alternativa para as usinas, podendo contribuir para a melhor construção do cálculo do valor justo ao final do processo. Isso pode ser uma opção de validação através de pesquisas futuras.

Ao comparar os modelos de mensuração tradicional (média das safras passadas) com o modelo futuro (SAMUCA) com o modelo base (realizado pelas usinas), notou-se que o modelo tradicional fornece uma estimativa mais próxima do modelo base quando é observado o valor justo, trazendo indicativos que esse modelo fornece uma maior representação fidedigna. No entanto, em geral, os indicadores de produtividade demonstraram um desempenho melhor no modelo futuro do que no modelo tradicional, quando comparado com o modelo base, demonstrando uma maior representação fidedigna desses *inputs* quando definidos pelo modelo SAMUCA.

Um fator que pode afetar os resultados é o horizonte temporal estudado, resultado resistência de fornecimento dos dados por parte das usinas, que foram consultadas individualmente, sendo uma limitação do estudo o fato das usinas não terem amostras do mesmo período. O modelo SAMUCA está mais adaptado a condições mais

atuais das culturas, resultando em um melhor resultado da usina B, que possui dados mais recentes. Dessa forma, estudos futuros podem investigar mais usinas com dados mais recentes para corroborar ou refutar os achados desse estudo, elencando qual modelo é mais bem avaliado por meio dos testes.

As demais limitações do estudo são relacionadas à quantidade de usinas utilizadas e tamanho da amostra. A estimativa de produtividade do modelo tradicional também foi limitada através da quantidade de períodos fornecidos das amostras, permitindo a utilização de uma quantidade limitada de dados para efetuar as médias dos indicadores de ATR e TCH. Outro fator que pode ser considerado limitante é o uso de dados secundários no caso da usina A e dados primários na usina B, em função das informações cedidas para esse estudo, prejudicando a comparabilidade dos resultados dos testes.

O estudo contribui para aumentar a discussão entre conhecimentos complementares, como a contabilidade e agronomia, que em função do CPC 29 tiveram que se aproximar. Ademais, fornece resultados que indicam ao órgão regulador que diferentes fontes de informação do valor justo podem impactar de maneira diferente o balanço das organizações, sendo esse estudo focado em somente uma das premissas. O CPC deve verificar que existem várias premissas a serem definidas, que em função da incerteza podem impactar o resultado das companhias, sendo que a pesquisa atual começa a fornecer base para debates mais profundos nesse sentido. Outra contribuição é destacar pontos do modelo de mensuração do valor justo das usinas que podem ser críticos no momento de sua divulgação, gerando reflexões que podem ser úteis para avaliar suas situações individuais de operacionalização dos ativos biológicos.

Ainda há a possibilidade para estudos futuros, como por exemplo, a utilização de outros modelos de avaliação de produtividade oferecidos pela agronomia para incluir nos modelos de mensuração de ativos biológicos, ou até mesmo estudos com outras culturas. Também é possível replicar o estudo utilizando uma quantidade maior de usinas. O modelo SAMUCA pode ser utilizado de modo estocástico, utilizando a abordagem probabilística da simulação de Monte Carlo a fim de detectar as incertezas relacionadas à estimativa da produtividade (Marin, Jones & Boote, 2017). Dessa forma, cada um dos parâmetros dos indicadores do modelo apontados no Anexo A são simulados para apurar a produtividade futura das culturas, permitindo a avaliação por

meio da distribuição de probabilidade (Marin, 2014; Pilau & Marin, 2019), esse método também pode ser utilizado em pesquisas futuras sobre produtividade e ativos biológicos.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Acuña, E., Pinto, A., Cancino, J., & Sandoval, S. (2020). Fair value of standing timber in the context of IAS 41 implementation: a case study with *pinus radiata*. *Ciencia Florestal*, 30(4), 1217–1229. <https://doi.org/10.5902/1980509824460>
- Agrianual. (2005). Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2005. 521 p.
- Agrianual. (2006). Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2006. 504 p.
- Agrianual. (2007). Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2007. 520 p.
- Agrianual. (2008). Anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2008. 504 p.
- Agrianual. (2021). Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2020. 420 p.
- Alkimim, A., & Clarke, K. C. (2018). Land use change and the carbon debt for sugarcane ethanol production in Brazil. *Land Use Policy*, 72, 65-73.
- Argilés-Bosch, J. M., Garcia-Blandon, J., & Monllau, T. (2011). Fair value versus historical cost-based valuation for biological assets: predictability of financial information. *Revista de Contabilidad*, 14(2), 87-113.
- Argilés-Bosch, J. M., Miarons, M., Garcia-Blandon, J., Benavente, C., & Ravenda, D. (2018). Usefulness of fair valuation of biological assets for cash flow prediction. *Spanish Journal of Finance and Accounting/Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 47(2), 157-180.
- Aude, M. I. D. S. (1993). Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. *Ciência rural*, 23, 241-248.
- Ayres, D., Huang, X. S., & Myring, M. (2017). Fair value accounting and analyst forecast accuracy. *Advances in accounting*, 37, 58-70.
- Bambini, M. D., Luchiari Junior, A., Romani, L. A. S., Otavian, A. F., Koenigkan, L. V., & Evangelista, S. D. M. (2015). Manual on-line do sistema Agritempo versão 2.0.
- Barth, M. E. (2004). Fair values and financial statement volatility. *The market discipline across countries and industries*, 323-333.
- Barth, M. E. (2018). The future of financial reporting: Insights from research. *Abacus*, 54(1), 66-78.
- Beaver, W. H. (1998). *Financial reporting: An accounting revolution*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.

- Biljon, M. & Wingard, C. (2020). An agricultural sector assessment of biological asset valuation challenges with inputs considered from valuers. *International Journal of Financial, Accounting, and Management*, 2, 243-258. 10.35912/ijfam.v2i3.265.
- Bohusova H., & Svoboda P. (2017): Will the amendments to the IAS 16 and IAS 41 influence the value of biological assets? *Agric. Econ. – Czech*, 63: 53–64.
- Bohušová, H., Svoboda P., & Nerudová D. (2012): Biological assets reporting: Is the increase in value caused by the biological transformation revenue? *Agric. Econ. – Czech*, 58: 520-532.
- Brasil. (2020). Renovabio. Disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>
- Brito, E. D., Ribeiro, M. D. S., Martins, V. A., & Lemes, S. (2014). Aplicação do valor justo aos ativos biológicos e produtos agrícolas na pecuária bovina. *Custos e @gronegocio on line*, 10 (1), 190-211.
- Camargo, T. F., Zanin, A., de Moura, G. D., Daleaste, J. C., & Bortoluzzi, C. A. P. (2019). Influência da complexidade organizacional na mensuração dos ativos biológicos das companhias abertas listadas da B3. *Revista Ambiente Contabil*, 11(1).
- Carvalho, F. S., Paulo, E., Sales, I. C. H., & Ikuno, L. M. (2013). Ativos biológicos: evidenciação das empresas participantes do Ibovespa. *Custos e @gronegocio on line*, (9)3, 106-130.
- Cavalheiro, R. T., Gimenes, R. M. T., & Binotto, E. (2019). As Escolhas Contábeis na Mensuração de Ativos Biológicos estão Associadas ao Perfil do Profissional Contábil?. *Sociedade, Contabilidade e Gestão*, 14(3), 43-64.
- Cavalheiro, R. T., Gimenes, R. M. T., Binotto, E.; & Fietz, C. R. (2019) Fair Value of Biological Assets: An Interdisciplinary Methodological Proposal. *Revista de Administração Contemporânea*, 23(4), 543-563.
- Cepea - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2008). Agromensal - ESALQ/BM&FBovespa - Dezembro/2008. Acesso em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0568397001465840535.pdf>>
- CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2007). Cana-de-açúcar: orientações para o setor canavieiro. Ambiental, fundiário e contratos. *Serviço Nacional de Aprendizagem Rural*. – Brasília: CNA/ SENAR.
- Consecana - Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (2015). *Manual de Instruções*, 6ª Edição, Piracicaba-SP, 2015.
- Crețu, R. C., Crețu, R. F., & Muscănescu, A. (2014). Comparative analysis of strategic and tactical decisions in agriculture under the IAS 41 Standard in the context of the emerging markets. *Procedia Economics and Finance*, 15, 1641-1646.
- de Oliveira, L. F. C., Oliveira, M. D. C., Wendland, A., Heinemann, A. B., Guimarães, C. M., Ferreira, E. D. B., & da Silva, S. C. (2018). Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos. Acesso em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1098515>

- Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). Yield response to water. *Irrigation and drainage paper*, (33), 257.
- Eilifsen, A., Hamilton, E. L., & Messier Jr, W. F. (2021). The importance of quantifying uncertainty: Examining the effects of quantitative sensitivity analysis and audit materiality disclosures on investors' judgments and decisions. *Accounting, Organizations and Society*, 90, 101169.
- FAO (2021). *World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2021*. Roma. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb4477en/cb4477en.pdf>
- FAOSTAT (2020). FAOSTAT – Crops: Sugarcane. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/metadata>
- Fávero, L. P., & Belfiore, P. (2017). Manual de análise de dados: estatística e modelagem multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®. Elsevier Brasil.
- Ferraro, D. O., Rivero, D. E., & Ghersa, C. M. (2009). An analysis of the factors that influence sugarcane yield in Northern Argentina using classification and regression trees. *Field crops research*, 112(2-3), 149-157.
- Field, A. (2009). *Descobrimos a estatística usando o SPSS-5*. Penso Editora.
- Fields, T. D., Lys, T. Z., & Vincent, L. (2001). Empirical research on accounting choice. *Journal of accounting and economics*, 31(1-3), 255-307.
- Figueira, L. M., & Ribeiro, M. S. (2015). Análise da evidenciação sobre a mensuração de ativos biológicos: antes e depois do CPC 29. *Revista Contemporânea De Contabilidade*, 12(26), 73-98. <https://doi.org/10.5007/2175-8069.2015v12n26p73>
- Figueira, S. R. F., & Rolim, G. S. (2020). Economic and agrometeorological modeling of sugarcane productivity in São Paulo state, Brazil. *Agronomy Journal*. 112(6), 4836– 4848. <https://doi.org/10.1002/agj2.20367>
- Girden, E. R. (1992). *ANOVA: Repeated measures* (No. 84). Newbury. Park, CA: Sage Publications.
- Goldemberg, J., Coelho, S. T., & Guardabassi, P. (2008). The sustainability of ethanol production from sugarcane. *Energy policy*, 36(6), 2086-2097.
- Gonçalves, R., Lopes, P., & Craig, R. (2017). Value relevance of biological assets under IFRS. *Journal of international accounting, auditing and taxation*, 29, 118-126.
- Hadiyanto, A., Puspitasari, E., & Ghani, E. K. (2018). The effect of accounting methods on financial reporting quality. *International Journal of Law and Management*, 60(6), 1401-1411.
- Haynes, W. (2013) Tukey's Test. In: Dubitzky W., Wolkenhauer O., Cho KH., Yokota H. (eds) *Encyclopedia of Systems Biology*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9863-7\\_1212](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9863-7_1212)
- He, L. (2020). Discount rate behaviour in fair value reporting. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 28, 100386.

- He, L. Y., Wright, S., & Evans, E. (2018). Is fair value information relevant to investment decision-making: Evidence from the Australian agricultural sector?. *Australian Journal of Management*, 43(4), 555-574.
- Herbohn, K., & Herbohn, J. (2006). International accounting standard (IAS) 41: What are the implications for reporting forest assets?. *Small-scale Forestry*, 5, 175–189. <https://doi.org/10.1007/s11842-006-0009-1>
- Huffman, A. (2018). Asset use and the relevance of fair value measurement: evidence from IAS 41. *Review of Accounting Studies*, 23(4), 1274-1314.
- Ibape (2019). *Avaliação de ativos biológicos a valor justo para fins de atendimento as normas contábeis*. Disponível em: [http://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1551105658-ativos\\_2002\\_baixa.pdf](http://www.ibape-sp.org.br/adm/upload/uploads/1551105658-ativos_2002_baixa.pdf)
- International Accounting Standards Committee, International Accounting Standards nº 41 – Agricultura. Disponível em [www.iasb.org](http://www.iasb.org)
- Iudícibus, S. D., & Martins, E. (2007). Uma investigação e uma proposição sobre o conceito e o uso do valor justo. *Revista Contabilidade & Finanças*, 18, 09-18.
- Jana, H., & Marta, S. (2014). The fair value model for the measurement of biological assets and agricultural produce in the Czech Republic. *Procedia economics and finance*, 12, 213-220.
- Kumar, A. (2014). Climate change and sugarcane productivity in India: An econometric analysis. *Journal of Social and Development Sciences*, 5(2), 111-122.
- Leão, H., & Ambrozini, M. A. (2014). Mensuração do valor justo de ativos biológicos: uma proposta de taxa de desconto para modelos de fluxo de caixa de cana-de-açúcar. *Custos e@ gronegocio on line*, 10(2), 99-124.
- Lento, C., Bujaki, M. & Yeung, W.H. (2018), Auditing Estimates in Financial Statements: A Case Study of a Fish Farm's Biological Asset. *Accounting Perspective*, 17: 453-462. <https://doi.org/10.1111/1911-3838.12179>
- Lerner, A. F., Machado, V. N., Vendruscolo, M. I., & Victor, F. G. (2020). Valor justo das commodities agrícolas como determinante do lucro líquido das companhias abertas brasileiras. *Contabilidade Vista & Revista*, 31(3), 122-147. <https://doi.org/10.22561/cvr.v31i2.5682>
- Lima, F. G., Neto, A. A., da Silva, H. J. T., & Gatsios, R. C. (2023). Build Up para o custo de capital próprio do setor sucroenergético brasileiro. *Revista de Gestão e Secretariado*, 14(1), 226-246.
- Machado, M. J. C., Martins, E. A., & Carvalho, L. N. (2014). Reliability in fair value of assets without an active market. *Advances in Scientific and Applied Accounting*, 7, (3) 319-338.
- Marin, F. R. (2014). Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos. Tese de Livre Docência, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. doi:10.11606/T.11.2014.tde-22082014-112751.

- Marin, F. R., & Jones, J. W. (2014). Process-based simple model for simulating sugarcane growth and production. *Scientia Agricola*, 71, 1-16.
- Marin, F., Jones, J. W., & Boote, K. J. (2017). A stochastic method for crop models: including uncertainty in a sugarcane model. *Agronomy Journal*, 109(2), 483-495.
- Marsh, T., & Fischer, M. (2013). Accounting For Agricultural Products: US Versus IFRS GAAP. *Journal of Business & Economics Research (JBER)*, 11(2), 79-88. <https://doi.org/10.19030/jber.v11i2.7620>
- Martins, V. G., Machado, M. A. V., & Callado, A. L. C. (2014). Relevância e representação fidedigna na mensuração de ativos biológicos a valor justo por empresas listadas na BM&FBovespa. *Revista Contemporânea De Contabilidade*, 11(22), 163-188.
- Mikuska, R., Stroparo, T. R., Ribeiro, F., & Klosowski, A. L. M. (2017). Adoption of the Fair Value in the disclosure of biological assets: a case study in the production of Yerba Mate. *Custos e Agronegocio on Line*, 13(4), 239-256.
- Morozova, T. V., Akhmadeev, R. G., Bykanova, O. A., & Philippova, N. V. (2019). Harmonizing the valuation standards of the EEU agricultural companies. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(1), 2167-2177.
- Moura, E. S. ;& Silva, R. L. M. (2020). Valor justo de cana de açúcar: Um estudo sobre os modelos de estimação voltados para a relevância da informação contábil. *In: XIV Congresso ANPCONT*, 1-18.
- Nachiluk, K. (2021). Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. *Análises e Indicadores do Agronegócio*, São Paulo, (16) 6, jun. 2021, p. 1-5. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15925>
- Penman, S. H. (2007). Financial reporting quality: is fair value a plus or a minus?. *Accounting and business research*, 37(sup1), 33-44.
- Pilau, F. G., & Marin, F. R. (2019). Agrometeorologia digital: as bases biofísicas para a revolução digital no campo. *TECCOGS: Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, (20).
- Rabassi, R. S.; Batalha, M. O.; & Albuquerque, A. A. de. (2020) Valuation of biological assets at fair value: impacts on decision-making in agro-industrial companies. *Custos e @gronegócio on line*, 16(1), 2-25.
- Ramburan, S., Zhou, M., & Labuschagne, M. (2011). Interpretation of genotype× environment interactions of sugarcane: Identifying significant environmental factors. *Field Crops Research*, 124(3), 392-399.
- Rech, I. J., & Pereira, I. V. (2012). Valor justo: análise dos métodos de mensuração aplicáveis aos ativos biológicos de natureza fixa. *Custos e @gronegócio online*. CEP, 38(2), 131-157.
- Rocha, S. D., Oliveira, D. D. L., Loose, C. E., & Porto, W. S. (2016). Measurement and disclosure of the bearer biological asset at the fair value in beekeeping: an alternative to the historical cost. *Custos e @ gronegócio on line*, 12(3), 273-302.

- Rudorff, B. F. T., & Batista, G. T. (1990). Yield estimation of sugarcane based on agrometeorological-spectral models. *Remote sensing of Environment*, 33(3), 183-192.
- Santos, A. F., Gomes, B. K. C. S., de Brito, E., Gaio, L. E., & Furlan, P. V. D. (2015). Análise da hierarquia do valor justo na mensuração de ativos biológicos das empresas listadas na BM&BOVESPA no ano de 2013. In *XII Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade*, São Paulo.
- Santos, M. M., & da Silva, D. M. (2018). Análise dos inputs utilizados na mensuração do valor justo dos ativos biológicos das empresas listadas na B3. In *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.
- Scherer, L. M., Munhoz, T. R., & Roth, T. C. (2014). Fatores Explicativos da Divulgação de Ativos Biológicos e Produtos Agrícolas em Empresas de Capital Aberto e Fechado. In *VIII Congresso Anpcont* (pp. 1-18). Rio de Janeiro: Anpcont.
- Silva Filho, A. C. C., Martins, V. G. & Machado, M. A. V. (2013). Adoção do valor justo para os ativos biológicos: análise de sua relevância em empresas brasileiras. *Revista Universo Contábil*, 9(4), 110-127. 10.4270/ruc.2013433.
- Silva, F. N., Ribeiro, A. M., & Carmo, C. H. S. (2015). Utilizar valor justo para ativos biológicos influencia significativamente o resultado? Um estudo com companhias abertas relacionadas com agronegócios entre os anos 2010 e 2013. *Revista Custos e @gronegocio on line*, 12(4).
- Silva, R. L. M. da, Nardi, P. C. C., & Ribeiro, M. de S. (2015). Earnings management and valuation of biological assets. *Brazilian Business Review*, 12( 4), 1-26. doi:10.15728/bbr.2015.12.4.1
- Silva, R. L. M. da; Nardi, P. C. C.; Mendes, G. S.;& Oliveira, D. de L. (2022). Dissecando a mensuração da cana-de-açúcar a valor justo: buscando melhorias na informação contábil. *Custos e @gronegocio on line*, 18(1), 187-211.
- Song, C. J., Thomas, W. B., & Yi, H. (2010). Value relevance of FAS No. 157 fair value hierarchy information and the impact of corporate governance mechanisms. *The Accounting Review*, 85(4), 1375-1410.
- Svoboda, P., & Bohušová, H. (2017). Amendments to IAS 16 and IAS 41: Are there any differences between plant and animal from a financial reporting point of view?. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*.
- Tinoco, J. E. P. (1992). Avaliação patrimonial em contabilidade a valores de entrada e saída. *Caderno de Estudos*, 01-11.
- Vianna, M. S., Nassif, D. S. P., Carvalho, K. S., & Marin, F. R. (2020). Modelling the trash blanket effect on sugarcane growth and water use. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172, 105361.
- Vianna, M. S.; Marin, F. R; Pilau, F. G. (2017) Modelo agrometeorológico genérico de produção vegetal (MAGé) [recurso eletrônico], 24 p., Piracicaba, ESALQ. Disponível em: <https://www.esalq.usp.br/gepema/sites/default/files/MAGE.pdf>

- Vidal, M. D. F. (2021). Açúcar: cenário mundial e situação de produção no Brasil e no Nordeste brasileiro. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/765/3/2021\\_CDS\\_162.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/765/3/2021_CDS_162.pdf)
- Wukich, J. J. (2019) The Evolution of the Fair Value versus Historical Cost Debate and its Modern-Day Advocates, Case Western Reserve University, *2019 Ohio Region Meeting*, 1-27.
- Zhao, D., & Li, Y. R. (2015). Climate change and sugarcane production: potential impact and mitigation strategies. *International Journal of Agronomy*, 2015.

**APÊNDICE****Apêndice A – Detalhamento de talhões por fazenda da Usina A**

Fazendas (Setores)	Contagem de talhões (Blocos)
1	2
2	1
3	4
4	3
5	2
6	2
7	3
8	3
9	4
10	5
11	4
12	11
<b>Total Geral</b>	<b>44</b>

**Apêndice B – Detalhamento de talhões por fazenda da Usina B**

Fazendas (Setores)	Contagem de talhões (Blocos)
1	6
2	2
3	2
4	1
5	2
6	1
7	1
8	1
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	1
16	3
17	2
18	2
19	1
20	1
21	1
22	4
23	3
24	1
25	1
26	3
27	3

28	1
29	2
30	6
31	2
32	1
33	1
34	1
35	1
36	2
37	1
38	1
39	2
40	2
41	3
42	1
43	1
44	1
45	1
46	3
47	1
48	1
<hr/>	
Total Geral	83
<hr/>	

## Apêndice C – Inputs do modelo de valor justo

Usina A	Safra	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008
	Preço	R\$0,24	R\$0,30	R\$0,34	R\$0,24
	Custo	R\$ 17,63	R\$ 17,49	R\$ 18,12	R\$ 22,50
	Taxa de desconto	14,78%	16,30%	14,11%	12,41%
Usina B	Safra	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
	Preço	R\$0,71	R\$0,60	R\$0,56	R\$0,77
	Custo (CCT – por tc)	R\$27,60	R\$31,04	R\$23,60	R\$24,85
	Custo (Tratos culturais – por ha)	R\$209,60	R\$127,27	R\$136,59	R\$136,59
	Taxa de desconto	6,99%	6,72%	5,78%	5,78%

## Apêndice D – Médias por Ano Safra da Usina A

Variável/Ano safra	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008
TCH Base	85,93	80,09	70,76	78,91
TCH Tradicional	94,94	91,94	88,98	85,04
TCH Futuro	79,43	82,29	75,03	83,13
ATR Base	145,67	146,97	146,36	147,11
ATR Tradicional	149,58	144,52	149,35	146,07
ATR Futuro	126,66	125,76	123,61	124,15
Receita Base	35.091,56	42.073,22	45.447,50	32.142,50
Receita Tradicional	32.148,24	36.239,59	37.731,42	29.138,85
Receita Futura	25.909,82	33.208,34	35.320,27	27.954,47
Custo Base	17.167,52	16.485,30	16.557,18	19.977,01
Custo Tradicional	15.519,42	14.489,62	13.510,68	18.369,20
Custo Futuro	14.449,91	14.957,49	14.747,67	20.224,01
Valor Justo Base	13.302,98	19.962,03	23.079,22	7.816,11
Valor Justo Tradicional	12.203,22	16.667,24	19.028,81	6.608,54
Valor Justo Futuro	7.685,12	13.610,16	15.779,19	3.851,69

Fonte: Elaboração própria.

## Apêndice E - Desvio Padrão por Ano Safra da Usina A

Variável / Ano Safra	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008
TCH Base	14,05	16,37	12,89	15,26
TCH Tradicional	16,17	14,31	12,54	7,83
TCH Futuro	18,63	18,80	17,14	13,66
ATR Base	7,46	6,68	6,73	5,96
ATR Tradicional	11,52	13,98	9,51	15,04
ATR Futuro	10,39	9,88	11,30	7,51
Receita Base	23.581,35	27.488,56	29.573,77	20.868,66
Receita Tradicional	20.490,16	24.656,09	26.542,03	18.137,28
Receita Futura	18.507,91	24.167,64	30.611,31	21.950,58
Custo Base	11.188,31	10.653,48	10.703,33	12.937,79
Custo Tradicional	10.041,60	9.769,59	9.561,89	11.283,55
Custo Futuro	9.781,12	10.311,63	11.787,12	14.832,58
Valor Justo Base	9.523,67	13.305,34	15.228,11	5.324,47
Valor Justo Tradicional	7.896,67	11.752,55	13.635,86	5.235,78
Valor Justo Futuro	6.400,74	10.772,01	15.253,87	4.643,88

Fonte: Elaboração própria.

## Apêndice F – Médias por Ano Safra da Usina B

Variável / Ano Safra	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
TCH Base	98,14	78,96	80,45	65,12
TCH Tradicional	92,58	89,35	87,47	83,78
TCH Futuro	95,18	78,64	79,78	63,53
ATR Base	126,02	129,14	132,36	143,45
ATR Tradicional	125,55	126,47	127,63	130,27
ATR Futuro	124,76	130,22	132,95	143,06
Receita Base	700.083,90	509.162,30	475.314,70	544.289,60
Receita Tradicional	634.593,80	565.012,20	511.186,30	641.677,50
Receita Futura	678.892,50	516.615,90	468.027,10	534.342,90
Custo Base	228.907,80	201.693,30	150.955,50	134.038,00
Custo Tradicional	213.072,10	223.777,30	173.291,40	181.865,60
Custo Futuro	223.030,50	201.715,80	156.512,60	164.202,40
Valor Justo Base	379.068,10	229.933,80	244.729,70	331.203,50
Valor Justo Tradicional	333.643,60	260.573,00	256.725,50	376.053,10
Valor Justo Futuro	365.085,50	236.808,10	232.615,30	293.023,10

Fonte: Elaboração própria.

## Apêndice G – Desvio Padrão por Ano Safra da Usina B

Variável / Ano Safra	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
TCH Base	13,79	12,78	17,53	18,37708
TCH Tradicional	10,88	10,15	9,49	9,191789
TCH Futuro	16,57	13,53	21,11	18,46773
ATR Base	18,29	22,30	14,32	14,9815
ATR Tradicional	11,66	11,45	9,84	9,458619
ATR Futuro	21,24	22,89	16,70	17,03322
Receita Base	701.167,40	438.128,70	394.228,90	482354,6
Receita Tradicional	544.636,90	478.191,00	431.994,10	543987,3
Receita Futura	697.476,60	439.702,10	360.124,60	470185,4
Custo Base	219.384,60	189.771,10	118.758,70	117780,1
Custo Tradicional	191.978,40	203.230,50	157.215,30	165023,2
Custo Futuro	216.669,70	186.818,40	144.722,20	151873,5
Valor Justo Base	402.140,90	211.193,30	210.867,70	298329,5
Valor Justo Tradicional	281.863,40	214.759,50	210.033,50	310957,5
Valor Justo Futuro	402.563,40	218.562,00	184.083,50	277520,5

Fonte: Elaboração própria.

## ANEXO

## ANEXO A – Parâmetros específicos do modelo SAMUCA

Categoria	Descrição
Fotossíntese	Taxa de produção de carboidratos acima do solo, por unidade de energia radiante interceptada (densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos, PAR), após descontar a respiração
	Coeficiente de extinção da radiação
Fenologia	Máxima população de plantas por unidade de área
	População de plantas na fase de maturação
	Graus-dia acumulados para que se inicie a fase de decréscimo da população de plantas, após o plantio/corte
	Graus-dia acumulados desde o plantio/corte para o início da fase de maturação
	Graus-dia acumulados até o pico populacional
	Graus-dia acumulados, desde a emergência da planta até a emergência do colmo
Desenvolvimento foliar	Área foliar específica na base úmida na base seca.
	Área média de cada folha
	Filocrono
	Número máximo de folhas verdes por colmo saudável e sem estresse hídrico
Participação de biomassa	Fração máxima de fotoassimilados alocados para a produção de colmos
Participação de sacarose	Conteúdo máximo de sacarose no internódio, de base seca
Crescimento e desenvolvimento	Temperatura base
Extensão da planta	Taxa de extensão de uma planta sem estresse
Raízes e estresse hídrico	Razão entre o suprimento hídrico do solo e a evapotranspiração máxima a partir do qual a fotossíntese sofre limitação
	Razão entre o suprimento hídrico do solo e a evapotranspiração máxima a partir do qual a expansão celular e o desenvolvimento sofrem limitação
	Comprimento específico de raízes

Fonte: Marin (2014, p. 105-106).