UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA SUCROALCOOLEIRA

QUANTIFICAÇÃO DO AMIDO EM AÇÚCARES E AVALIAÇÃO DE SEUS IMPACTOS NOS PARÂMETROS OPERACIONAIS E NA QUALIDADE INDUSTRIAL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALESSANDRO ALYSSON LUCENA BRANDÃO

JOÃO PESSOA - PB
2026

ALESSANDRO ALYSSON LUCENA BRANDÃO

QUANTIFICAÇÃO DO AMIDO EM AÇÚCARES E AVALIAÇÃO DE SEUS IMPACTOS NOS PARÂMETROS OPERACIONAIS E NA QUALIDADE INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira, referente ao período de 2025.2, realizado no Laboratório de Tecnologia Sucroalcooleira.

Orientadora: Profa. Dra. Erika Adriana de Santana

João Pessoa - PB

Abril de 2026

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

B817q Brandao, Alessandro Alysson Lucena. Quantificação do amido em açúcares e avaliação de seus impactos nos parâmetros operacionais e na qualidade industrial / Alessandro Alysson Lucena Brandao. - João Pessoa, 2026.
32 f. : il.

Orientação: Erika Santana.
Coorientação: Márcia Pontieri.
TCC (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. Amido. 2. Cana-de-açúcar. 3. Açúcar. 4. Processo produtivo. I. Santana, Erika. II. Pontieri, Márcia. III. Título.

UFPB/CTDR CDU 664.117

Elaborado por Rodrigo Araújo de Sá Pereira - CRB-755/O

ALESSANDRO ALYSSON LUCENA BRANDÃO

TCC aprovado em _31_/_03_/_2026_ como requisito para a conclusão do curso de tecnologia em produção sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
gov.br
ERIKA ADRIANA DE SANTANA
Data: 14/04/2026 23:00:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Prof. (a) Dra. Erika Adriana de Santana (UFPB –Orientadora)

Documento assinado digitalmente
gov.br
MARCIA HELENA PONTIERI
Data: 15/04/2026 08:15:08-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Márcia Helena Pontieri (UFPB – Coorientadora - Membro interno)

Documento assinado digitalmente
gov.br
HEBERT HENRIQUE SOUZA LIMA
Data: 15/04/2026 07:51:49-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____

Hebert Henrique (UFPB – Membro interno)

João Pessoa - PB

Abril de 2026

AGRADECIMENTOS

Expresso minha profunda gratidão à minha orientadora, Prof.ª Dra. Erika Adriana de Santana, pela excelência na condução deste trabalho, compartilhando seu vasto conhecimento e demonstrando uma paciência fundamental para o meu amadurecimento acadêmico. Estendo meus agradecimentos à coorientadora e membro interno, Prof.ª Dra. Márcia Helena Pontieri, cujas contribuições técnicas e olhar atento foram essenciais para o rigor e a qualidade desta pesquisa.

Agradeço aos mestres e funcionários do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), por proporcionarem o suporte necessário para a minha formação no curso de Tecnologia em Produção Sucroalcooleira.

No âmbito pessoal, agradeço imensamente à minha esposa, pelo companheirismo inabalável e por ser meu porto seguro em todos os momentos de dedicação a este projeto. Aos meus pais e familiares, meu eterno reconhecimento pelo incentivo, pelos valores transmitidos e por acreditarem nos meus sonhos desde o início. Por fim, agradeço aos meus amigos, que tornaram a jornada mais leve com suas palavras de apoio e amizade sincera.

RESUMO

A eficiência do processo produtivo está diretamente ligada à qualidade da cana de açúcar, especialmente em relação a impurezas que afetam etapas como: extração, clarificação, filtração e cristalização. Além das impurezas, o amido que é um polissacarídeo de reserva energética sintetizado e armazenado na cana e tem ganhado destaque por sua capacidade de aumentar a viscosidade do caldo, dificultando a clarificação, aderência nos cristais, comprometendo tanto o rendimento quanto a qualidade do açúcar produzido. O amido presente nos tecidos da cana é liberado principalmente durante a moagem, quando a cana é picada. Sua concentração pode mudar conforme a variedade, maturação, condições de colheita e tempo de armazenamento da matéria-prima, sendo intensificada também pelo atraso entre corte e moagem. Estudos demonstram que o excesso de amido reduz a eficiência industrial, elevando o consumo de insumos químicos, comprometendo os parâmetros físico-químicos do açúcar, como cor, pureza e filtrabilidade. Neste estudo foi realizado a quantificação do teor do amido em diferentes tipos de açúcares bem como a avaliação de parâmetros operacionais e a interferência no processo produtivo. A metodologia utilizada na quantificação do teor de amido em açúcares foi a espectrometria e a avaliação da influência desse polissacarídeo no processo produtivo foi realizada utilizando dados operacionais. Complementarmente, foram realizados testes de umidade, cor ICUMSA, Pol, cinzas condutimétricas, fornecendo uma base analítica para verificar se os níveis de amido detectados comprometem os padrões técnicos e a eficiência do controle industrial. Os resultados obtidos demonstram que as análises físico-químicas e a quantificação de amido são indicadores importantes para a distinção qualitativa entre os açúcares Cristal. Por meio de uma curva de calibração com alta confiabilidade estatística (R^2 = 0,9979), foi possível identificar variações significativas nos teores de amido, que oscilaram desde a ausência até níveis elevados (361,91 mg/kg), evidenciando diferentes graus de pureza processual. As amostras apresentaram conformidade com alguns parâmetros físico-químicos estabelecidos na IN 47 do MAPA, pois existem variações na Pol das amostras, provavelmente devido ao armazenamento. Quanto a composição residual de amido da amostra A apresentou valores maiores que 80% do especificado o que provavelmente causou problemas de viscosidade do xarope no processamento. A Amostra D obteve valor nulo para o amido, indicando que com o método utilizado não foi possível detectar. Quanto aos dados operacionais analisados, foi possível relacionar a redução da produção de açúcar com o aumento do melaço gerado, pois os polissacarídeos, inclusive o amido residual neste impacta diretamente na qualidade e no rendimento industrial. Os dados dos açúcares refinados e Demerara avaliados operacionalmente constatou que as amostras se apresentaram dentro dos parâmetros especificados. Dessa foram podemos concluir que os teores de amido interferem no processo de produção do açúcar, mas pode ser minimizado através do controle do PUI (Período Útil de Industrialização) da cana, evitando a colheita tardia e o acúmulo da sacarose na forma de amido; acompanhamento da assepsia desde a lavagem da cana; controle da clarificação do caldo e quando necessário utilizar enzimas, reforçando que o controle rigoroso do amido é fundamental para a eficiência operacional e a pureza dos cristais.

Palavras-chave: amido, cana-de-açúcar, açúcar, processo produtivo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 6
1.1 Objetivo Geral 6
1.2 Objetivos Específicos 6
2 REVISÃO DA LITERATURA 8
2.1 Processo Produtivo do Açúcar 8
2.2 Qualidade do Açúcar e Parâmetros Físico-Químicas 8
2.3 Análises físico-químicas do açúcar 9
2.4 O Amido na Cana-de-Açúcar 10
2.5 Impactos do Amido no Processo Produtivo 11
2.6 Métodos de Quantificação de Amido 12
2.7 Estratégias para Mitigação dos Efeitos do Amido 12
3 METODOLOGIA 13
3.1 Amostras de açúcar 13
3.2 Análises Físico-quimica de açúcar 13
3.3 Acompanhamento industrial na Safra 25/ 26 19
3.4 Dados operacionais da procução de açúcar e melaço 20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 21
4.1 Análises físico-químicas de açúcares comerciais 22
4.2 Análises físico-químicas de açúcares da Safra 25/ 26 23
4.3 Dados operacionais da produção de açúcar e melaço gerado 24
5 CONCLUSÃO 25
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA 26

1. INTRODUÇÃO

A indústria sucroalcooleira desempenha um papel fundamental na economia e no setor energético, sendo responsável pela produção de açúcar, etanol, energia e subprodutos como: bagaço, torta de filtro e vinhaça. A eficiência do processo produtivo está diretamente relacionada à qualidade da matéria-prima e ao controle de variáveis que podem impactar o rendimento e a pureza dos produtos finais. Entre esses fatores, a presença de amido na cana-de-açúcar tem recebido atenção, pois sua concentração pode interferir nas etapas de extração, clarificação e cristalização do açúcar (CONAB, 2023).

O amido, polissacarídeo presente em diversas partes da planta, pode ser liberado durante a moagem da cana e misturar-se ao caldo, resultando em aumento da viscosidade, dificuldades na filtração e formação de depósitos nos equipamentos industriais (SILVA et al., 2021). Essas alterações podem comprometer a eficiência do processo e a qualidade do açúcar produzido.

Apesar de sua relevância, observa-se que muitas usinas ainda apresentam falta de controle do teor de amido na matéria-prima, o que pode gerar impactos negativos ao processo produtivo. Essa deficiência pode resultar em prejuízos econômicos, como redução do rendimento industrial, aumento dos custos operacionais e perda da qualidade do açúcar comercial (RODRIGUES & ALMEIDA, 2020).

Portanto, quantificar o teor de amido no açúcar e avaliar sua influência nas etapas do processo produtivo, correlacionando os resultados com parâmetros físico-químicos e operacionais. Com este estudo, busca-se contribuir para o entendimento do impacto do teor de amido na qualidade do açúcar comercial, através da associação das análises físico-químicas com a avaliação operacional. Assim, observa-se que a quantificação do amido, associada a estratégias de controle, é fundamental para garantir a eficiência industrial e a qualidade do açúcar produzido.

1.1 Objetivo Geral

Quantificar o teor de amido presente em amostras de açúcar e analisar a sua interferência sobre a qualidade e o rendimento operacional, propondo estratégias para reduzir os efeitos negativos.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar o teor de amido em amostras de diferentes tipos de açúcar;
- Avaliar os parâmetros de qualidade (cor ICUMSA, umidade, Pol e cinzas condutimétricas) e correlacioná-los com os teores de amido.
- Comparar dados operacionais entre os processos de produção de açúcar refinado e demerara;
- Avaliar a influência do teor de amido no tratamento do caldo;
- Analisar o impacto do teor de amido na etapa de cristalização e no rendimento do açúcar.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Processo Produtivo do Açúcar

A indústria sucroalcooleira representa um dos principais pilares da economia brasileira, destacando-se pela produção de etanol e açúcar, o que posiciona o Brasil como um dos maiores produtores e exportadores mundiais desses produtos (CONAB, 2023). O processamento industrial do açúcar envolve diversas etapas: extração do caldo, clarificação, evaporação, cristalização e centrifugação. Cada uma dessas fases é sensível à qualidade da matéria-prima e às características físico-químicas do caldo de cana (EMBRAPA, 2025).

Segundo Oliveira, Esquiaveto e Silva Júnior (2007), a eficiência do processo depende de um rigoroso controle de variáveis como: pH, °Brix, pureza e viscosidade. Qualquer alteração nessas variáveis pode comprometer o rendimento industrial e a qualidade final do açúcar.

O teor de maturação da cana interfere diretamente no rendimento industrial, pois representa o teor de sacarose disponível. Como referência de maturação utiliza-se o "período útil de industrialização" (PUI), estabelecido no mínimo de 13% para Pol da cana, como sendo satisfatório para a industrialização de diferentes variedades. Entretanto, esse fator depende da variedade da cana, condições climáticas e o tipo de solo (RIBEIRO; BLUMER; HORII, 1999).

2.2 Qualidade do Açúcar e Parâmetros Físico-Químicos

A qualidade do açúcar é determinada por parâmetros como polarização (Pol %), umidade (%), teor de cinzas condutimétricas, pontos pretos, partículas magnetizáveis, cor ICUMSA e açúcares redutores. Tais parâmetros são essenciais para o enquadramento do produto nos padrões comerciais e sanitários (REZENDE et al., 2018).

A polarização mede o teor de sacarose, enquanto a cor influencia diretamente o valor de mercado, especialmente quando o açúcar se destina à indústria alimentícia e de bebidas. O excesso de impurezas, como polissacarídeos (dextranas e amido), pode prejudicar significativamente essas características (SANTOS; FERREIRA, 2019).

A cor do açúcar sofre alterações durante o armazenamento, estudos relacionam esse fato com baixos valores de pH durante o processamento, condições de secagem e armazenamento (JAMBASSI, 2017; CALDAS, 2012).

O teor de umidade corresponde à quantidade de água presente no produto. Devido à sua baixa atividade de água, o açúcar é considerado microbiologicamente estável; entretanto, a presença de umidade pode causar empedramento, decorrente da aglomeração dos cristais, dificultando seu manuseio e utilização (MACHADO, 2012).

A cor ICUMSA é determinada pela medição da absorbância de uma solução de açúcar, em condições padronizadas de concentração e pH, geralmente em comprimento de onda de 420 nm, sendo expressa em unidades ICUMSA (UI) (BRASIL, 2018).

As cinzas condutimétricas representam a concentração de sais minerais ionizados presentes no açúcar, sendo determinadas por meio da condutividade elétrica da solução, constituindo um importante indicador de pureza do produto (CALDAS, 2012).

2.3 Parâmetros físico-químicos complementares na avaliação da qualidade do açúcar.

- *Teor de sólidos solúveis*

O teor de sólidos solúveis, denominado ºBrix, pode ser utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que estes vão se acumulando no fruto. A sua medição não representa o teor exato dos açúcares, pois, outras substâncias também se encontram dissolvidas (vitaminas, fenólicos, pectinas, ácidos orgânicos, etc.). No entanto, dentre estas, os açúcares são os mais representativos, chegando a constituir até 85 – 90% dos sólidos solúveis (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

- *Turbidez*

A turbidez de uma solução relaciona a redução da sua transparência devido à presença de material em suspensão. A medida da turbidez fornece uma idéia da eficiência da separação do material insolúvel e coloidal presente no caldo de cana-de-açúcar (CALDAS, 2005).

- *Amido*

Oliveira, (2014) apresentou problemas referentes a presença do amido na produção de açúcar, ou seja, ele é pouco eliminado na clarificação, a aplicação de enzimas é uma boa alternativa no caso de açúcar bruto e quando em concentrações acima de 200-250 ppm podem afetar processos industriais.

Wojtczak, Antczak & Lisik, (2014) indicaram que independentemente da qualidade do açúcar bruto, todos os açúcares contêm amido. De acordo com as normas australianas e sul-africanas os teores de amido nesses açúcares deve ser de 40 a 110 mg/kg. Porém, as normas

brasileiras permitem um teor de amido de até 250 mg/kg em açúcares VVHP; em açúcares de qualidade inferior, o teor de amido pode ser várias vezes maior.

Na análise físico-química do açúcar cristal, inicialmente são considerados os parâmetros obrigatórios estabelecidos pela Instrução Normativa nº 47/2018 do MAPA, como cor ICUMSA máxima de 300 UI, umidade máxima de 0,3%, cinzas condutimétricas máximas de 0,1% e Pol mínima de 99,5, os quais determinam a qualidade e a classificação do produto para fins de comercialização. Adicionalmente, embora o teor de amido não faça parte dos parâmetros obrigatórios para a comercialização do açúcar, trata-se de um indicador de grande relevância, devido aos impactos que pode causar no processamento industrial e na qualidade final do produto.

2.4 O Amido na Cana-de-Açúcar

O amido é um polissacarídeo de reserva presente em diversos tecidos vegetais, especialmente em regiões de crescimento da cana-de-açúcar. Durante a moagem, esse composto pode ser liberado para o caldo, aumentando sua viscosidade e dificultando processos como clarificação e filtração (SILVA et al., 2021).

O amido é um componente natural da cana-de-açúcar e a sua concentração depende fortemente da variedade da cana e pode variar de 275 a 1500 mg/kg de sólidos, está presente na na forma de pequenos grânulos (1–10 μm) insolúveis em água e constitui uma reserva de carboidratos em forma de amilose (15 a 20%) e amilopectina, ambos polímeros de glicose. A proporção entre as duas frações de amido varia de acordo com a espécie vegetal, bem como com a idade e a maturidade da planta. A maior concentração de amido é observada no ponto de crescimento e nas folhas, mas a cana madura apresenta um teor de amido menor (WOJTCZAK; ANTCZAK & LISIK, 2014).

Segundo Godshall et al. (2000), a presença de amido no caldo é potencializada pela colheita mecanizada, pelo processo fisiológico natural e gradual de envelhecimento da planta ou pelo atraso no processamento da matéria-prima após o corte. Isso representa um desafio para a indústria, pois o amido interfere na formação de cristais durante a etapa de cristalização do açúcar, podendo reduzir o rendimento e a qualidade do produto.

Figueira, (2009), estudou a quantificação do teor de amido em variedades de cana de açúcar e avaliou características enzimáticas do amido de cana-de-açúcar, milho, batata, amido solúvel, identificando diferentes repostas enzimáticas. Porém, com relação a avaliação das

metodologias de determinação da α-amilase em açúcar bruto foi possível observar a maior eficiência do método Bernfeld que é baseado na determinação de açúcares redutores.

2.5 Impactos do Amido no Processo Produtivo

O amido presente na cana-de-açúcar é considerado uma das principais impurezas que comprometem o processamento industrial. Sua concentração varia conforme a variedade, maturação, condições de colheita e tempo entre o corte e a moagem. Durante o processo, parte do amido é solubilizada e pode gelatinizar, dificultando etapas como clarificação, filtração, evaporação e cristalização, o que resulta em maior consumo de insumos, redução da eficiência de recuperação de sacarose e comprometimento da qualidade do açúcar final (COLE et al., 2017; BAHNOVICH et al., 2022).

O acúmulo de amido nas etapas iniciais do processo industrial prejudica o escoamento do caldo, aumenta o consumo de produtos químicos como coagulantes e compromete a qualidade final do açúcar (FERMENTEC, 2022). De acordo com Kobliz (1998), o amido também pode aderir aos cristais durante a centrifugação, resultando em coloração inadequada e impurezas residuais no açúcar cristal.

A elevação da viscosidade causada pelo amido dificulta a filtração e pode provocar a formação de depósitos nos trocadores de calor, aumentando o tempo de parada para limpeza e, consequentemente, os custos operacionais (RAVAGNANI; BORGES; ESTELLER, 2011).

Kaur; Kaller e Aamarpali (2002) estudaram os efeitos do amido na reologia do melaço, durante a produção de açúcar, e apontaram que a viscosidade do melaço varia com a natureza e a quantidade de substâncias que não são sacarose, inclusive o amido que é gelatinizado na clarificação, atrapalha a cristalização e se concentra no melaço.

Sasta, (2024) aponta em seu estudo que o excesso de amido impacta negativamente a clarificação, reduz a filtrabilidade e prejudica a formação de cristais, aumentando perdas no melaço e alterando a cor do produto final. Como estratégia de mitigação, indústrias têm recorrido a boas práticas agrícolas (evitar moagem de cana imatura e reduzir tempo de estocagem), ajustes operacionais e aplicação de enzimas amilolíticas para melhorar a eficiência do processo.

2.6 Métodos de Quantificação de Amido

A detecção do teor de amido no caldo de cana pode ser realizada por diferentes métodos, entre os quais se destacam os métodos colorimétricos (com iodo), enzimáticos (com α-amilase) e espectrofotométricos. O método mais comum em laboratórios industriais é a análise colorimétrica com solução de iodo, pela facilidade de execução (FERMENTEC, 2022).

Os métodos clássicos utilizados na quantificação do amido baseiam-se na reação do complexo amilose-iodo, com leitura espectrofotométrica, sendo de baixo custo, porém suscetíveis a interferências de cor e outros compostos do caldo. Métodos enzimáticos, por sua vez, utilizam amilases para hidrolisar o amido em glicose, oferecendo maior seletividade, embora com custo mais elevado. Técnicas instrumentais, como espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), vêm sendo estudadas como alternativas rápidas e não destrutivas, possibilitando aplicações em tempo real no controle de processo (COLE et al., 2017; ZHANG et al., 2014).

Segundo Stupiello (2003), métodos mais precisos, como os enzimáticos, têm sido cada vez mais adotados para controle de qualidade em tempo real. Esses métodos utilizam α-amilase para quebrar o amido e permitir sua quantificação com maior acurácia.

2.7 Estratégias para Mitigação dos Efeitos do Amido

A aplicação de enzimas como a α-amilase tem se mostrado uma solução eficaz para a degradação do amido durante o processamento do caldo, reduzindo a viscosidade e facilitando a clarificação e a cristalização (FERMENTEC, 2022). Além disso, ajustes no tempo entre colheita e moagem, bem como a triagem da matéria-prima, são estratégias preventivas eficazes (SANTOS; FERREIRA, 2019).

Estudos demonstram que processos de clarificação alternativos, como a **carbonatação**, são capazes de remover até 89% do amido do caldo, promovendo também a redução da cor ICUMSA (FAVERO, 2011). A utilização de membranas cerâmicas em microfiltração também tem sido pesquisada com sucesso, promovendo clarificação sem adição de insumos químicos (UMEHARA, 2010).

3.0 METODOLOGIA

As análises dos açúcares foram realizadas em triplicata, sendo os resultados expressos como média dos valores obtidos, acompanhados do respectivo desvio padrão.

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Tecnologia Sucroalcooleira do CTDR da UFPB.

Os dados operacionais avaliados são referentes aos meses de setembro, outubro e novembro da safra 2025/2026, os quais foram gentilmente cedidos por uma usina localizada no estado de Pernambuco. Esses dados foram previamente organizados, filtrados e tratados para remoção de inconsistências e valores atípicos antes da análise.

Adicionalmente, foi realizada análise estatística dos dados experimentais, utilizando análise de variância (ANOVA) para comparação entre médias e análise de correlação para avaliar a relação entre o teor de amido e os parâmetros de qualidade do açúcar. Foi adotado nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

3.1 Amostras de açúcar

As amostras dos açúcares analisadas foram do Tipo 1, ou seja, açúcares destinados ao consumo humano de acordo com a IN 47/ 2018 - MAPA, alterada IN 60/ 2019 – MAPA.

Foram utilizados açúcares do tipo Cristal e Demerara, provenientes de usina da Paraíba e de Pernambuco.

3.2 Análises Físico-químicas de açúcar

A metodologias para avaliação físico-química dos açúcares são específicas da área sucroalcooleira e estão descritas em Caldas, (2012).

3.2.1 Determinação da Cor ICUMSA em açúcares

Para a determinação da cor nos tipos de açúcares analisados foi utilizado o Método 4, ICUMSA 1978 - (Modificado para amostras afinadas e "*in natura*").

Técnica:

- ✓ Preparar uma solução com 25% de sólidos (25 g da amostra + 75 g de água deionizada);
- ✓ Filtrar o xarope em um conjunto de filtração Millipore usando membrana com 0,45µm de abertura;
- ✓ Receber o filtrado em um recipiente limpo e seco, descartando as primeiras porções;
- ✓ Ajustar o pH do filtrado para pH 8,5 ± 0,1 com soluções de ácido clorídrico ou hidróxido de sódio, ambas 0,5 mol/L;
- ✓ Determinar o Brix da solução;
- ✓ Remover todo o ar ocluso dentro da solução e proceder à determinação do °Brix da solução.

Determinação da cor

- ✓ Aferir o espectrofotômetro utilizando água deionizada previamente filtrada em membrana com 0,45µm de abertura em 0,0 de absorbância e 100% de transmitância, estando este ajustado nos comprimentos de onda 420 ηm e 720 ηm;
- ✓ Fazer a leitura da solução, em absorbância, usando uma cubeta com 1 cm de caminho óptico nos comprimentos de onda 420 ηm e 720 ηm.
- ✓ Para a determinação do % de umidade aplicar a Equação (1):

$$\text{Cor ICUMSA} = [\,(\text{Abs420} - (2 \times \text{Abs720}))\,/(b \times c)\,] \times 1000 \qquad (1)$$

Onde:

Abs420 - Absorbância da solução lida diretamente no espectrofotômetro ajustado em 420ηm;

Abs720 - Absorbância da solução lida diretamente no espectrofotômetro ajustado em 720ηm;

b - Comprimento interno da cubeta, em centímetros;

c - Concentração do filtrado em g/mL, em função do °Brix.

Observações:

A concentração da solução (g/mL) pode ser obtida a partir da Equação **1**.

$$Concentração\ \left(\frac{g}{ml}\right) = 100\,.(°Brix\ \%solução\,.densidade\ aparente)$$

3.2.2 Umidade % Açúcar

Para a determinação da umidade nos tipos de açúcares analisados foi utilizado o Método da Estufa de Secagem – ICUMSA GS2/1/3-15, descrito a seguir:

- ✓ Tarar uma cápsula para determinação de umidade em estufa de secagem durante 3h a 105 ℃;
- ✓ Pesar a amostra o mais rápido possível aproximadamente 20g de açúcar, transferindo-a para estufa, onde ela deve ser destampada (P3);
- ✓ Tomar o cuidado para que a espessura da camada de açúcar na cápsula não exceda a 1 cm;
- ✓ Na estufa, manter a temperatura a 105 ℃, durante 3h;
- ✓ Após esse período, tampar e transferir a cápsula para dessecador, até que esfrie à temperatura ambiente mais 5℃, o que ocorre geralmente em 1h;
- ✓ Proceder a pesagem o mais rápido possível (P2);

Para a determinação do % de umidade aplicar a Equação (2):

$$U(\%) = \frac{M1-M2}{M2-M} x\ 100 \qquad (2)$$

Onde:

U = Umidade em (%)

M1 = peso da cápsula + amostra (g)

M2 = peso da cápsula + amostra seca (g)

M = peso da cápsula (g)

3.2.3 Determinação de Cinzas condutimétricas em açúcares

3.2.3.1 Açúcar Demerara, VHP, VVHP

- ✓ Pesar exatamente 5,0000 g de açúcar, em balanca analítica, e transferir com ajuda de água deionizada, para balão volumétrico de 100 mL. Completar o volume com água deionizada e agitar;
- ✓ Lavar a célula do condutivímetro com pequenas porções da solução a ser determinada;
- ✓ Caso o condutivímetro contenha célula na forma de eletrodo, mergulhá–lo em uma porção da amostra e proceder à lavagem;

✓ Tomar outra porção da solução e proceder à determinação da condutividade da solução, anotando sua temperatura;

✓ Determinar a condutividade da água utilizada na diluição da amostra, de maneira semelhante à determinação das amostras.

✓ A quantificação das cinzas condutimétricas, quando realizada à temperatura de 20 °C, será determinada utilizando a Equação 3.

$$Cinzas\ Condutivimétricas\ \left(\%\frac{m}{v}\right) = (16{,}2 + 0{,}36.D).10^{-4}.C\ .f.K \qquad (3)$$

Onde:

D - Massa de amostra utilizada em grama por 100 mL;

C = C1 – C2

C1 - Condutividade em µS/cm a 20°C da solução

C2 - Condutividade em µS/cm a 20°C da água destilada utilizada

f - Fator de diluição da solução = 5/S

S - Peso da amostra em gramas

K - Constante da célula de condutividade (cm^{-1})

Para realizar a quantificação das leituras das cinzas condutimétrica em açúcares VHP, VVHP e demerara, realizadas em temperturas diferentes de 20 °C +/- 02, aplica-se a Equação 4.

$$Cinzas\ Condutimétricas\ \left(\%\frac{m}{v}\right) = 0{,}0018\ .\left\{\left(\frac{C_1}{(1+0{,}0023\ .(t-20))}\right) - \left(\frac{C_2}{(1+0{,}0023\ .(t-20))}\right)\right\}.K \qquad (4)$$

Onde:

C1 - Condutividade da solução açucarada à temperatura de medição em (µS / cm);

C2 - Condutividade da água deionizada à temperatura de medição em (µS / cm);

t - Temperatura em °C da amostra no momento da leitura da condutividade;

K - Constante da celular de condutividade (cm^{-1}).

3.2.3.2 Cinzas condutimétricas: Açúcar Cristal, Refinado Amorfo ou Refinado, Refinado granulado, Confeiteiro.

Pesar exatamente 28,0000 g de açúcar e realizar o mesmo procedimento aplicado no item 3.2.1.

Para realizar a quantificação das leituras das cinzas condutimétrica em açúcares *Cristal, Refinado Amorfo ou Refinado, Refinado granulado, Confeiteiro*, realizadas a 20 °C +/- 02, aplica-se a Euqação 5.

Cinzas condutimetricas (%m⁄m) = 6 × 10-4 × (C - 0,35Ca) × K (5)

Onde:

C - Condutividade da solução (µS / cm) a 20°C;

Ca - Condutividade da água em (µS / cm) a 20°C;

K - Constante da célula de condutividade, em cm-1;

Para realizar a quantificação das leituras das cinzas condutimétrica em açúcares Cristal, Refinado Amorfo ou Refinado, Refinado granulado, Confeiteiro, realizadas em temperaturas diferentes de 20 °C +/- 02, aplica-se a Euqação 6.

$$Cinzas\ Condutimétricas\left(\%\frac{m}{v}\right) = 0{,}0006\ .\left\{\left(\frac{C_1}{(1+0{,}0023\ .(t-20))}\right) - \left(\frac{C_2}{(1+0{,}0023\ .(t-20))}\right)\right\}\ .K \quad (6)$$

Onde:

C1 - Condutividade da solução açucarada à temperatura de medição em (µS / cm);

C2 - Condutividade da água deionizada à temperatura de medição em (µS / cm);

t - Temperatura em °C da amostra no momento da leitura da condutividade;

K - Constante da celular de condutividade (cm^{-1})

3.2.4 Pol em açúcar

A amostra é pesada, dissolvida, clarificada quando necessário, avolumada a 100 mL com água deionizada,filtrada e realizada leitura sacarimétrica do filtrado, onde se obtém a somatória algébrica dos constituintes oticamente ativos. O resultado da polarização é expresso em ºS ou °Z.

- *<u>Técnica</u>*

− Pesar 26,000 g ± 0,001 g da amostra;

− Transferir para balão volumétrico de 100 mL, utilizando aproximadamente 60 mL de água deionizada;

− Agitar até completa dissolução;

− Acrescentar água deionizada até próximo ao menisco;

− Se houver formação de espuma eliminar com 1 a 2 gotas de éter etílico e aguardar alguns minutos até que o éter se evapore;

− Colocar o balão em banho termostatizado a 20ºC ± 1°C e deixar no mínimo por 10 minutos para acondicionamento;

− Para verificar se a temperatura da solução açucarada alcançou a temperatura do ensaio, colocar simultaneamente no banho um balão contendo água e um termômetro;

− Completar o volume com água deionizada cuidadosamente e homogeneizar;

− Colocar um funil com papel de filtro dobrado em pregas sobre o copo plástico;

− Filtrar a solução;

− Lavar o tubo de polarização com o filtrado no mínimo duas vezes antes de enchê-lo, tendo o cuidado de evitar a formação de bolhas em seu interior;

− Aguardar a estabilização a 20,0ºC ± 0,3°C, medida na água de refrigeração, logo após passagem pelo encamisamento do tubo de polarização;

− Anotar as leituras da temperatura da água de refrigeração e da pol da solução.

- *Cálculo*

- Se a leitura for realizada em temperatura de 20,0ºC ± 0,3°C não é necessário fazer correção da Pol. A Pol é obtida diretamente pela leitura obtida no equipamento, Pol (ºS) = Pol lida a 20,0ºC ± 0,3°C.

- Se a leitura for realizada em temperatura diferente de 20,0ºC ± 0,3°C fazer correção, utilizando a Equação (7):

$$P20\ (°S) = Pt[1 + 0{,}00014.(t - 20)] \quad (7)$$

Onde:

P20 = Pol corrigida a 20,0°C, expressa em ºS;

Pt = Pol à temperatura da solução (ºS).

Expressar os resultados em °S, com duas decimais. Para expressar o resultado em °Z, multiplicar o valor em °S por 0,99971.

3.2.5 Análise de amido

O método utilizado para a quantificação do amido nas amostras de açúcar foi o Método Iodométrico Espectrofotométrico (Complexo Amido–Iodo) o qual baseia-se na formação do

complexo azul entre o amido e o iodo, cuja intensidade de cor é proporcional à concentração de amido presente na amostra.

3.2.5.1 Técnica da análise de amido em açúcar

O procedimento inicia-se com a calibração dos equipamentos conforme normas vigentes. Em seguida, são identificados nove balões volumétricos de 50 mL, nos quais são pesados 3,6 g ± 0,02 g de sacarose. Posteriormente, adiciona-se a solução padrão de amido e água deionizada conforme especificação metodológica, promovendo-se a agitação até completa dissolução. Em seguida, acrescentam-se 15,00 mL ± 0,05 mL da solução de cloreto de cálcio/ ácido acético.

Os balões são então submetidos a banho em ebulição por 15 ± 1 minutos. Após esse período, as soluções são retiradas do banho e resfriadas à temperatura ambiente. Acrescentam-se 15 mL de solução de ácido acético 0,033 mol/L, seguidos da adição de 10 mL da solução de iodeto/ iodato em cada balão. O volume é completado com água deionizada, seguido de agitação. As soluções permanecem em repouso por um período entre 10 e 20 minutos para desenvolvimento da coloração característica da reação.

A leitura foi realizada em espectrofotômetro ajustado para absorbância a 700 nm, utilizando água deionizada como branco. Inicialmente, o método prevê o uso de cubeta de 20 mm; entretanto, foi realizada uma adaptação empregando cubeta de 10 mm. Por fim, registrou-se a absorbância obtida e determinou-se a equação de regressão linear para a construção da curva analítica.

3.2.5.2 Curva de Calibração

As leituras de absorbância das soluções preparadas foram realizadas em espectrofotômetro (EVEN, IL-0082-Y-NM-BI), com comprimento de onda ajustado para 700 nm, visando à determinação do teor de amido nas amostras de açúcar. Os dados são apresentados graficamente, através da curva de calibração, correlacionando a absorbância medida a 700 nm e a concentração de amido (mg/kg).

3.3 Tratamento estatístico dos dados

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas foram submetidos à análise estatística com o auxílio de software apropriado.

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificar diferenças significativas entre os tipos de açúcar analisados (Cristal e Demerara), considerando nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Quando identificadas diferenças significativas, aplicou-se teste de comparação de médias (como Tukey) para identificar quais grupos diferiram entre si. Além disso, foi realizada análise de correlação de Pearson entre o teor de amido e os parâmetros de qualidade do açúcar (cor ICUMSA, umidade, cinzas e Pol), com o objetivo de avaliar a influência do amido sobre essas variáveis.

3.4 Análise físico-químicas de açúcares provenientes do acompanhamento industrial na Safra 25/ 26

Através de parceria com uma usina foram analisadas as médias mensais dos dados de amido (mg/ kg) em açúcares Refinados produzidos nos meses de agosto, setembro, outubro da Safra 25/ 26. Quanto aos açúcares Demerara foram avaliadas as médias de análises físico-químicas de: cor ICUMSA, % umidade, Pol, cinzas condutimétricas e amido de amostras de açúcares produzidos também na Safra 25/ 26, possibilitando realizar a avaliação do processo produtivo.

3.5 Dados operacionais da produção de açúcar e melaço

Foram coletados dados operacionais, dos boletins de produção, referentes a quantidade de açúcar produzido por tonelada de cana (kg/ tc) e melaço gerado por tonelada de cana (kg/ tc) nos meses de setembro, outubro e novembro de 2025, referentes a safra 25/ 26. Isso possibilitou realizar uma avaliação operacional, relacionando o rendimento da produção de açúcar com o melaço e o amido arrastado da matéria-prima que não é removido na clarificação e se concentra no melaço.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises físico-químicas de açúcares comerciais

A Tabela 1 apresenta as médias dos dados obtidos nas análises físico-químicas de açúcares do tipo Cristal, realizadas em triplicata. As referências das análises dos açúcares foram obtidas na IN 47/2018 do MAPA, alterada pela IN 60/2019 do MAPA, bem como da literatura consultada.

Tabela 1: Valores médios das análises físico-químicas dos açúcares Cristal tipo 1 avaliados.

		Amostras de açúcares Cristal			
PARÂMETROS	Cristal IN 47/ 2018 MAPA	A	B	C	D
Cor ICUMSA (UI)	300 *	145,55	70,88	266,13	276,59
Umidade (%)	0,3	0,21	0,07	0,18	0,3
Cinzas condutimétricas (%)	0,1	0,1	0,04	0,09	0,16
Pol	99,5	98,7	99,25	98,81	98,88
amido (mg/ kg)	200 -250	361,91	58,7	0	62,78

*Admite-se até 400 UI de cor ICUMSA para o produto orgânico, certificado conforme legislação específica.

N/A = não se aplica Fonte: Autor, 2026

De maneira geral, observou-se variabilidade entre as amostras analisadas (A, B, C e D), indicando diferenças tanto na qualidade da matéria-prima quanto nas condições operacionais do processo industrial.

4.1.1 Cor ICUMSA

Os valores de cor ICUMSA variaram de 70,88 a 276,59 UI, estando todas as amostras dentro do limite máximo estabelecido pela legislação (300 UI).

A amostra B apresentou a menor cor (70,88 UI), indicando maior grau de pureza e eficiência no processo de clarificação. Por outro lado, as amostras C (266,13 UI) e D (276,59 UI) apresentaram valores mais elevados, sugerindo maior presença de compostos corantes e impurezas.

A amostra A (145,55 UI) apresentou valor intermediário, porém, chama atenção o fato de apresentar alto teor de amido (discutido posteriormente), o que pode ter contribuído para aumento da coloração.

4.1.2 Umidade

Os valores de umidade variaram entre 0,07% e 0,30%, estando em conformidade com o limite máximo de 0,3% estabelecido pela legislação.

A amostra B apresentou o menor valor (0,07%), indicando melhor estabilidade durante armazenamento. Já a amostra D atingiu o limite máximo permitido (0,30%), o que pode representar maior risco de empedramento e redução da vida útil.

De forma geral, os resultados indicam bom controle do processo de secagem industrial.

4.1.3 Cinzas Condutimétricas

Os valores de cinzas variaram de 0,04% a 0,16%. Observa-se que:

- As amostras A (0,10%), B (0,04%) e C (0,09%) estão dentro do limite de 0,1%;
- A amostra D (0,16%) ultrapassou o valor máximo permitido.

Esse resultado indica maior presença de sais minerais e impurezas na amostra D, o que pode estar associado a menor eficiência na etapa de clarificação ou centrifugação.

4.1.4 Pol (Pureza Aparente)

Os valores de Pol variaram entre 98,7 e 99,25 °S, sendo todos inferiores ao mínimo exigido (99,5 °S) pela legislação.

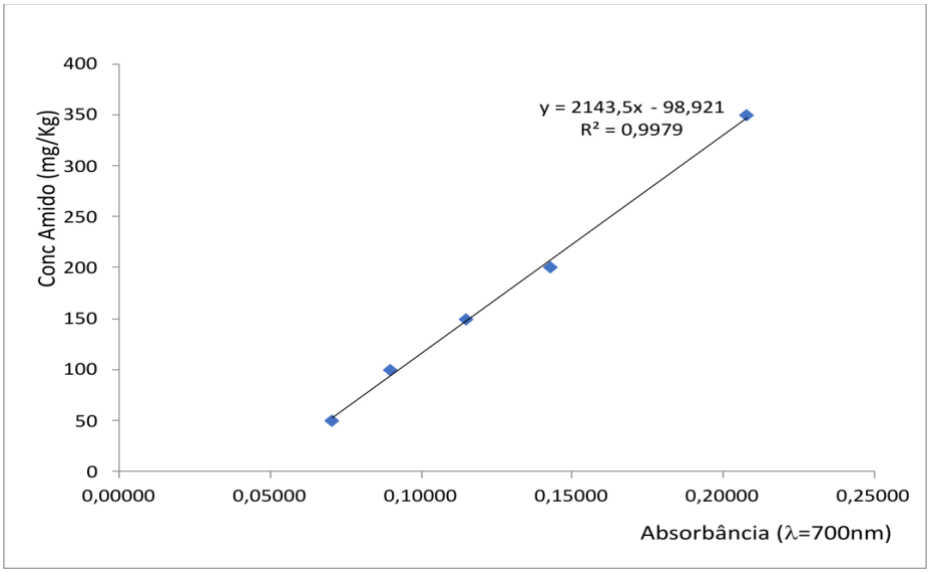
A amostra B apresentou o maior valor (99,25 °S), indicando maior teor de sacarose, enquanto a amostra A apresentou o menor valor (98,7 °S).

Esses resultados sugerem que todas as amostras apresentam grau de pureza abaixo do ideal, o que pode estar relacionado à presença de impurezas como sais minerais, compostos orgânicos e amido.

4.1.5 Curva de Calibração do amido

A Figura 1 apresenta a curva de calibração construída a partir da correlação entre a absorbância medida a 700 nm e a concentração de amido (mg/kg).

Figura 1: Curva de calibração utilizada para a quantificação do teor de amido nas amostras de açúcar.



Fonte: Autor, 2026

Avaliando a Figura 1 observa-se que o comportamento é linear na faixa estudada, descrito pela equação da reta y = 2143,5x – 98,921, em que y representa a concentração de amido (mg/kg) e x a absorbância.

O coeficiente de determinação obtido ($R^2 = 0,9979$) evidencia o ajuste linear, indicando que 99,79% da variação da concentração é explicada pela variação da absorbância, o que demonstra confiabilidade do método dentro da faixa analítica avaliada. A inclinação da reta é representada pelo coeficiente angular da reta (2143,5) o qual reflete a sensibilidade do método, revelando significativa variação na concentração para pequenas variações de absorbância.

Os pontos experimentais apresentam-se próximos à reta de regressão, confirmando a precisão analítica. A faixa linear compreende aproximadamente concentrações entre 50 e 350 mg/kg, correspondendo a valores de absorbância entre 0,07 e 0,21. Dessa forma, a curva de calibração demonstra adequada linearidade, sensibilidade e robustez estatística, sendo apropriada para a quantificação do teor de amido nas amostras de açúcar e para a avaliação de seu impacto no processo produtivo.

4.1.6 Quantificação do Teor de Amido em Açúcares

Os valores de amido nos açúcares avaliados apresentaram grande variação entre as amostras, indo de 0 a 361,91 mg/kg.

- A amostra A (361,91 mg/kg) apresentou valor acima da faixa recomendada (200–250 mg/kg);
- As amostras B (58,7 mg/kg), C (0 mg/kg) e D (62,78 mg/kg) apresentaram valores abaixo da faixa esperada.

O alto teor de amido na amostra A pode indicar problemas como:

- Cana deteriorada;
- Colheita em condições inadequadas;
- Ineficiência no tratamento do caldo.

Por outro lado, valores muito baixos (como na amostra C) podem indicar boa eficiência na remoção de amido ou baixa contaminação inicial.

4.1.7 Relação entre o teor de Amido e os Parâmetros de Qualidade dos Açúcares

Observando os dados, nota-se uma tendência importante:

- A amostra A, que apresentou maior teor de amido (361,91 mg/kg), também apresentou:
    - Menor Pol (98,7 °S)
    - Cor intermediária (145,55 UI)

Operacionalmente isso sugere que o aumento do amido pode estar associado à redução da pureza do açúcar, impactando negativamente a qualidade final.

Por outro lado:

- A amostra B, com baixo teor de amido (58,7 mg/kg), apresentou:
    - Menor cor (70,88 UI)
    - Maior Pol (99,25 °S)

Indicando melhor qualidade global.

Esses resultados reforçam que o amido atua como um interferente no processo industrial, podendo afetar etapas como clarificação, filtração e cristalização.

4.1.8 Avaliação Geral da Qualidade

Com base nos parâmetros avaliados:

- A amostra B apresentou o melhor desempenho geral, atendendo praticamente todos os critérios de qualidade;
- A amostra D apresentou maior teor de cinzas e umidade limite, indicando menor qualidade;
- A amostra A destacou-se negativamente pelo alto teor de amido e menor Pol;
- A amostra C apresentou bom desempenho geral, com destaque para ausência de amido.

4.2 Análises físico-químicas de açúcares da Safra 25/ 26

A Tabela 2 apresenta os dados referentes as análises de amido em açúcares Refinados e análises dos parâmetros físico-químicas de: cor ICUMSA, Umidade, Cinzas condutimétricas, Pol e amido de açúcares Demerara, realizados em uma usina parceira.

Tabela 2: Análises de amido em açúcares Refinados e análises físico-químicos em açúcares Demerara.

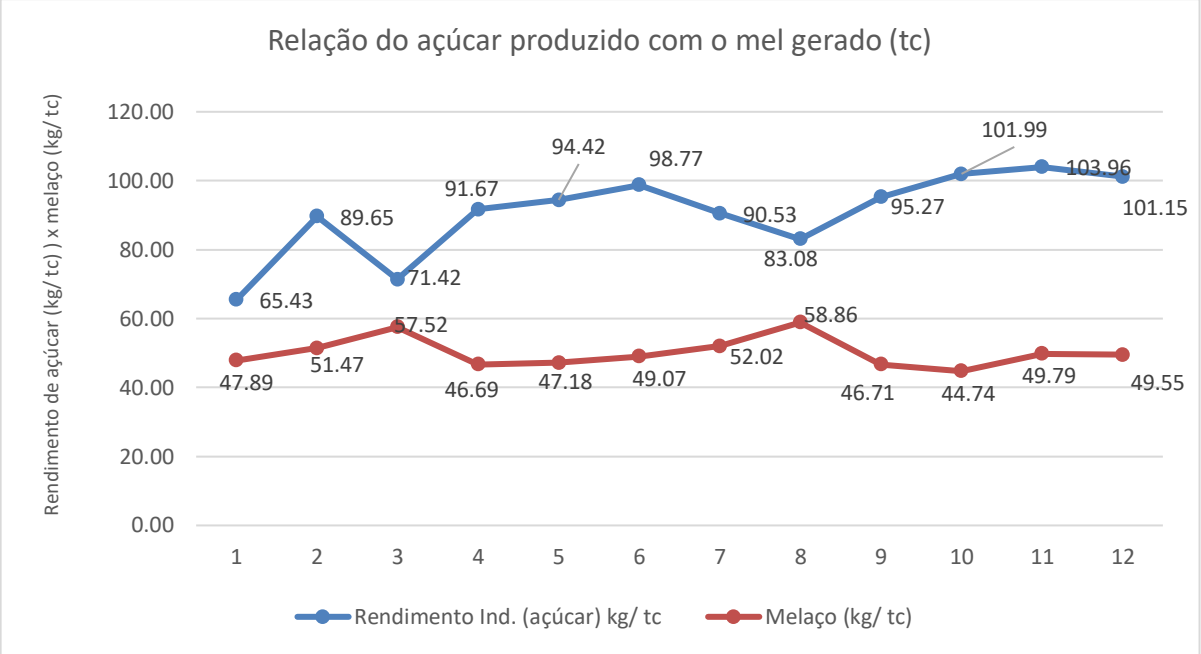
	Açúcar refinado (amido <100 mg/ kg)	Análises físico-químicas	IN 47/ MAPA 2018 - açúcar Demerara	Amostras de açúcar Demerara			
				A	B	C	D
meses	Média mensal Amido (mg/ kg)	Cor ICUMSA (UI)	5.000	1680	1810	1742	1830
agosto	44,4	Umidade (%)	1,2	0,10	0,12	0,09	0,09
setembro	46,1	Cinzas condutimétricas (%)	0,50	0,02	0,02	0,03	0,03
outubro	47,0	Pol (°S)	96,0	99,1	99,1	99,0	99,1
		Amido (mg/ kg)	250	126	144	132	139

Avaliando a Tabela 2 podemos observar que os parâmetros de qualidade dos açúcares provenientes da usina parceira se mantiveram de acordo com os valores especificados, demonstrando que há acompanhamento no processamento, preservando a qualidade e o rendimento industrial.

4.3 Dados operacionais da produção de açúcar e melaço gerado

A Figura 2 apresenta as médias semanais referentes a produção de açúcar (kg/ tc) e o mel gerado (kg/ tc) durantes os meses de setembro, outubro e novembro de 2025 (Safra 25/ 26).

Figura 2: Relação da quantidade de açúcar produzido com o melaço gerado



Fonte: Autor, 2026

Avaliando a Figura 2, podemos observar que a redução do rendimento da produção de açúcar está relacionada com o aumento de melaço gerado, o qual carrega compostos orgânicos complexos não açucarados de alto peso molecular, como o amido, conforme descrito por Kaur; Kaller e Aamarpali (2002). Ou seja, a presença de amido durante o processamento do açúcar causa ônus ao processo e deve ser acompanhada, visando evitar danos ao processamento, custos operacionais e comprometimento da qualidade do produto final.

Esse comportamento pode ser explicado pelo efeito indireto do amido no sistema, atuando como um fator limitante da eficiência de recuperação da sacarose, conforme a seguinte relação: amido → aumento da viscosidade → maior retenção de sacarose nas massas → aumento da formação de melaço → redução do rendimento. Dessa forma, embora o amido não esteja explicitamente representado no gráfico, ele atua como o principal agente responsável por impulsionar esse comportamento observado.

5. CONCLUSÃO

A partir dos dados avaliados, foi possível demonstrar que o amido atua como um fator de variabilidade na qualidade do açúcar. Os resultados evidenciam que o teor de amido exerce influência direta sobre a qualidade do açúcar cristal, especialmente sobre a pureza (Pol) e, indiretamente, sobre a cor. A amostra A registrou o maior teor de amido (361,91 mg/kg), o que se correlaciona com os piores resultados observados nos demais parâmetros avaliados, confirmando que altas concentrações desse polissacarídeo aumentam a viscosidade do xarope e dificultam a purificação dos cristais.

A avaliação da qualidade dos açúcares refinado e demerara provenientes da usina parceira permitiu verificar que o acompanhamento operacional minimiza os impactos negativos no processo, contribuindo para a melhoria da qualidade e do rendimento do produto final. Amostras com maiores teores de amido apresentaram pior desempenho nos parâmetros de qualidade, reforçando a importância do controle desse componente ao longo do processo produtivo.

O acompanhamento da produção de açúcar associada ao mel evidenciou a existência de relação entre o rendimento industrial e a quantidade de mel gerado. Isso ocorre porque o mel arrasta impurezas não removidas na etapa de clarificação, dentre elas o amido.

Teores de amido inferiores a 100 mg/kg, como observados nas amostras C, D e E, permitem que as etapas de refinamento ocorram sem interferências significativas, reduzindo o consumo de insumos e resultando em um açúcar com maior grau de pureza.

As análises realizadas neste estudo possibilitaram correlacionar o impacto do teor de amido com a qualidade físico-química de amostras de açúcar de cana, com base nos parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa nº 47 do MAPA.

Em suma, os resultados confirmam que, para a indústria sucroalcooleira, o controle do amido vai além do atendimento à legislação, sendo essencial para garantir a eficiência operacional e a competitividade do produto no mercado nacional e internacional.

Sugestões de trabalhos futuros

- Realizar o acompanhamento do PUI (Período útil de Industrialização) da cana e relacionar com os teores de amido;
- Correlação entre o tempo de queima até a colheita da cana e o perfil de amido residual no açúcar cristalizado.

- Acompanhamento dos teores de amido no recebimento da cana de acordo com o método da colheita utilizada, possibilitando dosar enzimas e reduzir o impacto operacional no rendimento e na qualidade do açúcar produzido;
- Realizar análises dos teores de amido no melaço e relacionar com o rendimento da produção de açúcar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHNOVICH, K. et al. Impact of starch on raw sugar processing and quality. **International Sugar Journal**, v. 124, n. 1478, p. 112-118, 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 47, de 30 de agosto de 2018**. Estabelece o Regulamento Técnico do Açúcar. (Alterada pela Instrução Normativa nº 60, de 19 de novembro de 2019). Brasília, DF: MAPA, 2018. Disponível em: [link_da_in47]. Acesso em: 17 mar. 2026.

CALDAS, A. J. G. Estudo da turbidez e cor ICUMSA no processo de clarificação do caldo. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

CALDAS, C. S. Escurecimento do açúcar branco: influência do processo e do tempo de armazenamento. 2012. 90 f. Tese (Doutorado em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

CHEN, J. C. P.; CHOU, C. C. Cane Sugar Handbook: a manual for cane sugar manufacturers and their chemists. 12. ed. New York: John Wiley & Sons, 1993.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Cana-de-Açúcar 2023/24**. Brasília: CONAB, 2023.

COLE, F. C. et al. Starch in sugar production: detection and mitigation. **Journal of Food Engineering**, v. 212, p. 45-52, 2017.

EMBRAPA. Cana-de-açúcar: o processo industrial. *In*: **Agência Embrapa de Informação Tecnológica (Ageitec)**. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 29 mar. 2026.

FAVERO, M. B. Processos de clarificação do caldo de cana por carbonatação. 2011. 140 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – UNICAMP, Campinas, 2011.

FERMENTEC. **Manual de controle operacional e laboratorial em usinas de açúcar e álcool**. Piracicaba: Fermentec, 2022.

FIGUEIRA, J. A. Determinação e caracterização de amido em cana-de-açúcar e adequação de metodologia para determinação de amilase em açúcar bruto. 2009. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

GODSHALL, M. A. et al. Starch in raw sugar: its origin and effects. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 3, p. 689-693, 2000.

JAMBASSI, J. R. Aspectos da qualidade do açúcar: impactos de diferentes condições de armazenamento e método de classificação por espectroscopia Raman. 2017. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

KAUR, S.; KALLER, R. S. S.; AAMARPALI, A. Efeito do amido na reologia do melaço. **Revista de Engenharia de Alimentos**, v. 55, n. 4, p. 319-322, dez. 2002.

KOBLITZ, M. G. B. Bioquímica de alimentos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.

LOPES, R.; BORGES, M. Controle de pH e incrustações na evaporação. Piracicaba: STAB, 2004.

MACHADO, S. S. Tecnologia de fabricação de açúcar. Natal: IFRN, 2012.

OLIVEIRA, D. T. Parâmetros de qualidade do açúcar e amarelecimento no armazenamento. *In*: SIMPÓSIO CEAGESP, 2014, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: CEAGESP, ago. 2014.

OLIVEIRA, D. T.; ESQUIAVETO, M. M. M.; SILVA JÚNIOR, J. F. Impacto da qualidade da cana-de-açúcar na produção de açúcar e álcool. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 4, p. 42-45, 2007.

PEREIRA, E. Dextrana: uma grande preocupação na produção do açúcar. *In*: SIMPÓSIO DA AGROINDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR DE ALAGOAS, 38., 2023, Maceió. Anais [...]. Maceió: STAB Regional Leste, jul. 2023.

PEREIRA, R. M. Qualidade do açúcar VVHP e impacto do amido no mercado internacional. São Paulo: Editora Acadêmica, 2023.

RAVAGNANI, M. A. S. S.; BORGES, R.; ESTELLER, M. S. Operações unitárias na indústria sucroalcooleira. Maringá: Eduem, 2011.

REZENDE, M. A. et al. Parâmetros de qualidade e enquadramento comercial do açúcar branco e VHP. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 36, n. 2, p. 30-34, 2018.

RIBEIRO, J. L.; BLUMER, S.; HORII, J. Maturação de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 325-331, 1999.

RODRIGUES, A. L.; ALMEIDA, T. C. Efeitos do amido na clarificação e cristalização do açúcar. **Engenharia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 102-115, 2020.

SANTOS, L. A.; FERREIRA, P. R. Otimização no controle de amido na indústria sucroalcooleira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 34, n. 2, p. 89-97, 2019.

SANTOS, J. R.; FERREIRA, M. S. Impacto de polissacarídeos na cristalização e qualidade final do açúcar. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 22., 2019, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Blucher, 2019. p. 1120-1127.

SASTA, R. Mitigação do amido via boas práticas agrícolas e enzimáticas. Maceió: UFAL, 2024.

SILVA, J. P.; OLIVEIRA, M. F.; SOUZA, R. T. Impacto do amido no processo de produção de açúcar e etanol. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 15, n. 3, p. 45-60, 2021.

STUPIELLO, J. P. O açúcar no Brasil. *In*: **Cana-de-açúcar: do plantio ao processamento**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2003.

UMEHARA, L. Clarificação de caldo de cana por microfiltração tangencial. 2010. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

WOJTCZAK, M.; ANTCZAK, A.; LISIK, K. Starch Content in Various Types of Cane Sugars as a Criterion of Quality and Authenticity. **International Journal of Food Properties**, v. 17, p. 610–616, 2014.

ZHANG, L. et al. Rapid determination of starch content in sugar cane using NIR spectroscopy. **Analytical Methods**, v. 6, n. 21, p. 8642-8647, 2014.