

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**FACULDADE DE NUTRIÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**NUTRIÇÃO E ALIMENTOS**



**DISSERTAÇÃO**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL BIOATIVO DE EXTRATOS DE**  
**CANAS-DE-AÇÚCAR DE VARIEDADES PRODUZIDAS NO SUL DO RS**

**Milena Gonçalves de Oliveira**

**Pelotas, 2024**

**Milena Gonçalves de Oliveira**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL BIOATIVO DE EXTRATOS DE  
CANAS-DE-AÇÚCAR DE VARIEDADES PRODUZIDAS NO SUL DO RS**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos da  
Faculdade de Nutrição da Universidade  
Federal de Pelotas, como requisito parcial  
à obtenção do título de Mestre em Nutrição e Alimentos.

Orientador(a): Profa. Dra. Graciele da S. Campelo Borges

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação da Publicação

O48a Oliveira, Milena Gonçalves de

Análise físico-química e potencial bioativo de extratos de canas-de-açúcar de variedades produzidas no sul do RS [recurso eletrônico] / Milena Gonçalves de Oliveira ; Graciele da Silva Campelo Borges, orientadora. — Pelotas, 2025.  
63 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos, Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas, 2025.

1. Antioxidantes. 2. Cana-de-açúcar. 3. Composição nutricional. 4. Perfil de minerais. 5. Melhoramento genético. I. Borges, Graciele da Silva Campelo, orient. II. Título.

CDD 641.1

Milena Gonçalves de Oliveira

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E POTENCIAL BIOATIVO DE EXTRATOS DE  
CANAS-DE-AÇÚCAR DE VARIEDADES PRODUZIDAS NO SUL DO RS

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre(a) em  
Nutrição e Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos,  
Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 13/12/2024

Banca examinadora:

Prof(a). Dr(a). Graciele Campelo Borges (Orientador)

Doutor(a) em Ciência dos Alimentos pela Universidade Federal de Santa Catarina

Prof(a). Dr(a). Helayne Aparecida Maieves

Doutor(a) em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná

Prof(a). Dr(a). Carla Rosane Barboza Mendonça

Doutor(a) em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal do Paraná

Prof(a). Dr(a). Rui Carlos Zambiasi

Doutor(a) em Food and Nutricional Science pela University of Manitoba

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Adilson e Rosemeri, por todo o amor, dedicação e sacrifícios ao longo de minha jornada acadêmica. Agradeço profundamente por todo o apoio financeiro, emocional e, principalmente, pelo exemplo incansável de trabalho árduo e perseverança. Sem o esforço constante de vocês, que se dedicaram incansavelmente para garantir que eu tivesse as condições necessárias para seguir meus estudos, este trabalho não seria possível. Muito obrigada por acreditarem em mim, mesmo nos momentos em que eu duvidava de mim mesma.

À minha religião, aos guias e principalmente à minha fé, que foi norte na minha vida, a qual me deu firmeza e incentivo para traçar o meu caminho.

Ao meu filho, Joaquim, que chegou nos últimos meses dessa trajetória e foi tempo suficiente para me incentivar e ressignificar o motivo da minha inspiração para tudo na vida.

À minha orientadora, Graciele Borges, pela compreensão nos momentos mais vulneráveis da minha vida. Por sua paciência, profissionalismo e ensinamentos repassados.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo apoio e por me proporcionarem oportunidades de desenvolver este trabalho.

## Resumo

OLIVEIRA, Milena Gonçalves de. **Análise físico-química e potencial bioativo de extratos de canas-de-açúcar de variedades produzidas no sul do RS.** Orientadora: Graciele da Silva Campelo Borges. 2024. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Nutrição. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

O Brasil lidera a produção mundial de cana-de-açúcar e a cana produzida é destinada principalmente à produção de açúcar e etanol, com regiões Sudeste e Centro-Oeste destacando-se na produção de açúcar e etanol, respectivamente. No Rio Grande do Sul, a agricultura familiar é a responsável pelo cultivo da cultura, sendo a produção voltada principalmente para o consumo local e produtos artesanais. A qualidade do caldo de cana é influenciada por diversos fatores, como variedade, clima e práticas de cultivo. O Rio Grande do Sul apresenta adversidades climáticas, como por exemplo baixas temperaturas, que podem ser prejudiciais ao cultivo da cana. Dessa forma, o programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar é essencial para a adaptação das cultivares a diferentes condições ambientais. Este estudo objetiva analisar a composição físico-química, perfil mineral, compostos bioativos e antioxidantes do extrato proveniente da cana-de-açúcar de variedades cultivadas na região do quinto distrito de Canguçu/RS. Os extratos de cana apresentaram concentrações elevadas de açúcares, com níveis de sacarose variando entre 15,71% e 19,57%, e de glicose entre 3,33% e 6,07%. Em contrapartida, apresentaram baixos teores de proteínas (0,16% a 0,17%), cinzas (0,20% a 0,32%) e fibras alimentares (0,01% a 0,08%). Em termos de minerais, apresentaram níveis expressivos de potássio (27,70 a 48,97 mg/100 ml), seguido por cálcio (3,92 a 13,72 mg/100ml), magnésio (3,07 a 11,37 mg/100ml) e zinco (0,07 a 0,20 mg/100ml). Também apresentaram uma notável atividade antioxidante pela presença de compostos fenólicos totais, que variou entre 150,07 e 234,06 mg EAG/ 100mL, estes valores corroboram com elevados valores nas análises ABTS (5,17 a 60,54) e FRAP (113,25 a 180,79). A variedade RB867515 apresentou elevado teor de sacarose e alto potencial antioxidante, características favoráveis à indústria sucroalcooleira. A coloração dos extratos variou entre tonalidades de verde e amarelo, sendo a filtração um fator determinante na redução do escurecimento e no aprimoramento da qualidade do produto. No aspecto nutricional, as variedades RB987935 e RB925345 apresentaram alto teor de nutrientes e carboidratos de rápida absorção, tornando-se opções energéticas viáveis para consumo.

Palavras-chave: antioxidantes; cana-de-açúcar; composição nutricional  
melhoramento genético; perfil de minerais.

## Abstract

OLIVEIRA, Milena Gonçalves de. **Physicochemical analysis and bioactive potential of extracts from sugarcane varieties produced in southern RS.** Advisor: Graciele da Silva Campelo Borges. 2024. Dissertation (Master's in Food and Nutrition) - Faculty of Nutrition. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2024.

Brazil is the world leader in sugarcane production, and the sugarcane produced is mainly used for the production of sugar and ethanol, with the Southeast and Central-West regions standing out in the production of sugar and ethanol, respectively. In Rio Grande do Sul, family farming is responsible for the cultivation of the crop, with production mainly aimed at local consumption and artisanal products. The quality of sugarcane juice is influenced by several factors, such as variety, climate and cultivation practices. Rio Grande do Sul has adverse climate conditions, such as low temperatures, which can be addressed in sugarcane cultivation. Therefore, the sugarcane genetic improvement program is essential for the adaptation of cultivars to different environmental conditions. This study aims to analyze the physical-chemical composition, mineral profile, bioactive compounds and antioxidants of the extract from sugarcane varieties grown in the region of the fifth district of Canguçu/RS. In general, sugarcane extracts contain high levels of sugar, with sucrose levels ranging from 15.71% to 19.57%, and glucose levels ranging from 3.33% to 6.07%. On the other hand, they presented low levels of proteins (0.16% to 0.17%), ash (0.20% to 0.32%) and dietary fiber (0.01% to 0.08%). In terms of minerals, significant levels of potassium (27.70 to 48.97 mg/100 ml) were included, supplemented by calcium (3.92 to 13.72 mg/100ml), magnesium (3.07 to 11.37 mg/100ml) and zinc (0.07 to 0.20 mg/100ml). A notable antioxidant activity was also observed due to the presence of total phenolic compounds, which ranged from 150.07 to 234.06 mg EAG/100mL, these values corroborate with high values in the ABTS (5.17 to 60.54) and FRAP (113.25 to 180.79) analyses. In general, the RB867515 variety presented a high sucrose content and high antioxidant potential, characteristics developed for the sugar and alcohol industry. The color of the extracts varied between shades of green and yellow, with filtration being a determining factor in reducing darkening and improving product quality. In the nutritional aspect, the RB987935 and RB925345 varieties present a high content of nutrients and fast-absorption carbohydrates, making them viable energy options for consumption.



Keywords: antioxidants; sugarcane; nutritional composition; genetic improvement; mineral profile.

## Lista de Figuras

Figura 1	Morfologia da cana-de-açúcar.....	5
Figura 2	Fluxograma do processamento de produtos e subprodutos da cana-de-açúcar.....	9
Figura 3	Diferentes cultivares de cana de açúcar produzidas na região do 5 distrito de Canguçu colhidas em dezembro de 2022 .....	37
Figura 4	Capacidade antioxidante de extratos de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do Rio Grande do Sul pelo método DPPH .....	38

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Comparação de conteúdo mineral de caldos de cana-de-açúcar de diferentes estudos .....	10
Tabela 2	Parâmetros físicos pH, sólidos solúveis, acidez titulável total e densidade do extrato de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS .....	30
Tabela 3	Parâmetros instrumentais para a cor e índice de escurecimento do caldo de cana-de-açúcar in natura e filtrado de variedades cultivadas no sul do RS .....	31
Tabela 4	Composição físico-química de caldo de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS .....	33
Tabela 5	Conteúdo de minerais no caldo de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS .....	34
Tabela 6	Porcentagem dos Valores Diários Recomendados (%VDR) de Cálcio, Ferro e Magnésio em diferentes variedades de caldo de cana-de-açúcar.....	35
Tabela 7	Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS.	36

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

ABTS	2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DPPH	1,1-difenil-2-picrilhidrazil
FAO	Food and Agriculture Organization
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MIP-OES	Espectrometria de emissão óptica com plasma induzido por micro-ondas
RIDESA	Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético

## Sumário

<b>Introdução</b>	.....	
<b>1 Revisão de Literatura</b>	.....	3
1.1 História da Cana-de-açúcar	.....	3
1.2 Produção da Cana-de-açúcar no Brasil	.....	4
1.3 Aspectos Morfológicos da Cana-de-açúcar	.....	5
1.4 Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar	.....	6
1.5 Beneficiamento da Cana-de-açúcar	.....	8
1.6 Extrato de cana	.....	9
<b>Artigo 1 - Propriedades nutricionais, perfil de minerais e potencial antioxidante de extratos da canas -de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS</b>	.....	13
<b>Considerações Finais</b>	.....	44
<b>Referências</b>	.....	45

## Introdução

O Brasil é o país com a maior produção canavieira, seguido da Índia, China, Tailândia e México (SILVA, 2024; MAIA 2022). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o país atingiu recorde histórico durante a safra 2023/24, produzindo em média 713,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, consolidando a sua liderança em produção e exportação de cana-de-açúcar (CONAB, 2024).

A cana-de-açúcar produzida no Brasil é destinada principalmente para a produção de açúcar e etanol. Os estados de Pernambuco, Alagoas e Paraíba destacam-se como maiores produtores de açúcar e, São Paulo, norte Paraná, triângulo mineiro, Goiás e Mato Grosso do Sul prevalecem na produção de etanol (DIAS, 2021).

No Brasil, a região Sudeste é a maior produtora de cana-de-açúcar representando 64,2% da produção total do país e com safra estimada em 689,8 milhões de toneladas em 2025 (CONAB, 2024). A região Centro-Oeste ocupa o segundo lugar na produção, onde estima-se que a safra de 2025 atinja 149,17 milhões de toneladas (CONAB, 2024).

Na região Sul, a expectativa é de redução na produção devido a menor produtividade em relação à área (CONAB, 2024). Na safra de 2023, o Rio Grande do Sul representou aproximadamente 1% da produção de cana-de-açúcar da Região Sul. O estado do Paraná foi responsável pela maior produção, atingindo 35.322,3 toneladas de cana (IBGE, 2023; CONAB 2023). A agricultura familiar é responsável por grande parte do cultivo cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul e o principal destino da matéria-prima é para o processamento artesanal de cachaça, rapadura, melado, açúcar mascavo e, em menor escala é destinada a produção de etanol (SILVA, 2016).

A composição nutricional destes derivados da cana-de-açúcar depende da qualidade e da composição físico-química do extrato de cana, o qual é influenciado por diversos fatores, como variedade, clima, solo, fertilização, práticas de cultivo, irrigação, período de colheita (BETTANI, 2024).

O extrato de cana é obtido através da extração da matéria-prima, realizada pela moagem dos colmos da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). Com um sabor agradável

e refrescante, são comercializados em feiras livres e comumente consumidos *in natura* com adição de frutas cítricas e gelo (XAVIER, 2018).

A região Sul apresenta variações de temperatura, fator que influencia diretamente nos processos fisiológicos e metabólicos da cana-de-açúcar, que podem oferecer riscos à cultura. Portanto, são desenvolvidas cultivares adaptadas para as variações térmicas através de melhoramento genético, resultando em cultivares tolerantes às baixas temperaturas, como por exemplo, o cruzamento de duas variedades alta capacidade que resultam numa cultivar ainda mais alta à adaptação a diferentes ambientes, visto que cana-de-açúcar é originária de regiões tropicais e floresce apenas com temperaturas altas e elevada umidade (KNAPP, 2019; UFSCar 2008).

O melhoramento genético da cana-de-açúcar tem grande importância na rentabilidade e sustentabilidade das cultivares, atendendo as condições para um ótimo desenvolvimento, visando obter resultados como a alta produtividade, alto teor de sacarose, alta produção de etanol e de biomassa (VERISSIMO, 2020; ANTUNES, 2018).

Diante deste cenário, a Embrapa Clima Temperado em parceria com a RIDESA desenvolveu 12 variedades aptas ao cultivo no RS, voltadas para condições regulares em situações de estresse por frio, boa sanidade vegetal, colheita em início e meio de safra com elevada riqueza e crescimento rápido sendo elas: RB855156, RB966928, RB946903, RB925345, RB965902 e BR0036088 de maturação precoce, e RB867515, RB925268, RB935744, RB845210, RB987935 e RB92579 de maturação-tardia (SILVA et al., 2016).

As regiões mais ao sul do RS apresentam um potencial para ampliação da sua produção de cana-de-açúcar em área e produtividade, uma vez que a condição climática o frio funciona como indutor de maturação e acúmulo de açúcar (MEDEIROS, 2020).

Visto que a cana-de-açúcar possui um papel fundamental para a economia, notou-se uma carência de estudos realizados com cultivares melhoradas geneticamente para o cultivo em condições climáticas do sul do estado do Rio Grande de Sul, portanto o objetivo do presente estudo é determinar a composição físico-química, perfil de minerais, compostos bioativos e antioxidantes em extrato de cana-de-açúcar de variedades cultivadas em Canguçu/RS.

## 1. Revisão de Literatura

### 1.1 História da cana-de-açúcar

A região do sudeste da Ásia apresenta-se como a mais provável região de origem da cana-de-açúcar com a espécie *Saccharum officinarum* L. A partir de sua difusão e adaptação, atualmente encontra-se nas regiões tropicais e subtropicais, principalmente em países como Brasil, Índia, China e Tailândia (SAMPAIO, 2021).

A cana-de-açúcar é originária de Nova Guiné, Oceania, e foi trazida ao Brasil pelos portugueses às Américas. O seu cultivo no Brasil tinha como objetivo a exportação de açúcar e expandir a colonização nas terras descobertas (MATOS, 2022).

No Brasil, a cana-de-açúcar teve uma boa adaptação por ser uma espécie típica de climas tropicais e subtropicais e, pelo território apresentar condições favoráveis à cultura canavieira: solos férteis, rico em água, relevos planos e temperaturas consideravelmente quentes. Desde os tempos primórdios até os dias atuais, o Brasil mantém uma constante produção de cana-de-açúcar (RODRIGUES, 2020).

O primeiro engenho de açúcar do Brasil foi construído em 1532, na Capitania de São Vicente. A produção de açúcar era concentrada nas Capitanias Hereditárias de Pernambuco e Bahia, se expandindo por todo o Nordeste e, posteriormente abrangeu estados como Alagoas, Sergipe e Paraíba (LUCENA, 2024).

No Rio Grande do Sul, em meados do século XVIII, os primeiros cultivos de cana-de-açúcar foram na atual região de Santo Antônio da Patrulha (MATOS, 2022; RODRIGUES, 2020). Entre 1963 e 1990, ocorreu o auge do cultivo da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, onde a empresa Açúcar Gaúcho S/A - AGASA esteve em operação. Neste período, foram introduzidas novas variedades de cana-de-açúcar, vindas de outras regiões do Brasil, com o objetivo de atender a produção de açúcar (SIMON, 2019).

Em 1990 a produção de cana-de-açúcar teve grande importância na expansão da agricultura de *commodities* no Brasil, dando início a um novo ciclo que gerou saldos



positivos na balança comercial. Esse crescimento abundante resultou em um grande avanço do agronegócio, desencadeando profundas transformações socioeconômicas no Brasil que perduram até os dias atuais. Atualmente, a produção da cana-de-açúcar e seus derivados, principalmente o etanol, destacam o Brasil no mercado internacional (ODERICH, 2020).

No início do século XX houve inúmeras tentativas de industrialização da cana no RS através da iniciativa privada a fim de introduzir novas variedades oriundas de outras regiões do Brasil. Porém, devido a contravéns burocráticos, políticos e a falta de zoneamento climático para o cultivo, a industrialização sucroalcooleira não teve desenvolvimento (SIMON, 2019). Em 2023, o estado alcançou um volume significativo de 426.956 toneladas, com 31.070 unidades produtoras de cana, o que demonstra a relevância da atividade agrícola na economia local. A cidade de Novo Hamburgo se destaca como maior produtor de cana no RS (IBGE, 2023).

## **1.2 Produção de cana-de-açúcar no Brasil**

Atualmente, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e a cultura se destaca como a terceira cultivar mais produzida no Brasil com grande valor econômico contribuindo principalmente na produção de açúcar, etanol e bioenergia, e vem conquistando cada vez mais o mercado com sua alternativa energética (FAO, 2022; CONAB 2024). Atualmente mais de 80% da cana-de-açúcar plantada é do modelo híbrido, sendo destinada principalmente à produção açúcar e bioetanol (ALVES, 2021; BEZERRA, 2018).

Em 2023, a safra de cana-de-açúcar no Brasil totalizou 610,1 milhões de toneladas de cana plantadas. A concentração da produção na região Centro-Sul (387,8 milhões de toneladas) destaca a importância desse polo para o setor, com São Paulo se mantendo como líder destacado, com mais de 50% de participação na produção nacional. A região Centro-Oeste, com 131,5 milhões de toneladas, também tem mostrado crescimento, refletindo o avanço da cana em áreas além do tradicional Centro-Sul (CONAB, 2023). No Rio Grande do Sul, a produção da cana-de-açúcar para fins sucroalcooleiro não tem uma expressão a nível nacional, porém tem grande importância para a produção e comercialização artesanal dos produtos derivados da

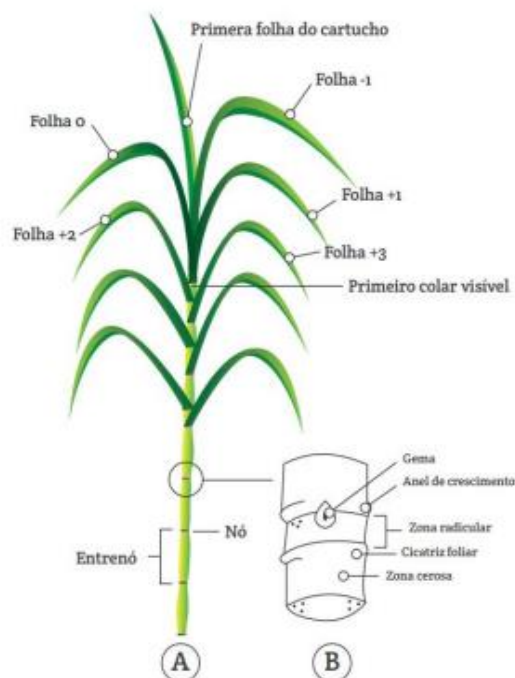
cana-de-açúcar, principalmente melado, rapadura, açúcar mascavo e cachaça (IBGE, 2024; RUGERI, 2015; HARTER, 2017).

A produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul é baseada na agricultura familiar, representando 90% das propriedades produtoras, contribuindo com a economia do Estado e proporcionando fonte de renda para muitas famílias e manutenção das mesmas (VERÍSSIMO, 2012; SIMON, 2019).

### 1.3 Aspectos morfológicos da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta de reprodução sexuada, porém quando cultivada para fins comerciais é multiplicada por propagação vegetativa de forma assexuada (XAVIER, 2021). A planta é formada pela parte subterrânea, que é composta por raízes e rizomas, e seu desenvolvimento se dá em forma de touceiras, por perfilhamento (Figura 1).

Figura 1 – Morfologia da cana-de-açúcar.



Fonte: XAVIER, 2021.

A cana-de-açúcar é uma planta pertencente à família Poacea, gênero *Saccharum*. As espécies que constituem seus híbridos interespecíficos são: *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barberi*, *S. robustum* e *S. edule*. As espécies *S. officinarum* L. e *S. spontaneum* L. são as principais espécies cultivadas mundialmente, pois possuem uma maior contribuição no melhoramento genético (PEREIRA, 2014; BEZERRA, 2018, SIMON, 2019). Possuem características como inflorescências do tipo panícula ramificada, crescimento do caule em colmos, folhas com lâminas de sílica em suas bordas e bainhas abertas (NETO, 2015).

A parte aérea da cana-de-açúcar é formada por caule do tipo colmo, com folhas e panículas (Figura 1). Os colmos apresentam nós e entrenós, e nas regiões do nó estão contidos primórdios radiculares e gemas, estrutura que em condições favoráveis pode gerar um broto que dará origem a uma nova planta. Nos entrenós estão presentes os açúcares de maior importância da cana-de-açúcar: a sacarose, em maior quantidade, junto da glicose e frutose em menores quantidades, portanto, o colmo é considerado o principal componente da planta, visto que possui os elementos de maior interesse comercial que são extraídos industrialmente (SOUSA, 2020; XAVIER, 2021).

Os principais fatores ambientais que influenciam no cultivo da cana-de-açúcar são: temperatura do ar e a disponibilidade hídrica dos solos. Para obter uma alta produtividade da cana-de-açúcar podem ser empregadas tecnologias no cultivo, como por exemplo, a irrigação e o melhoramento genético (VIANNA, 2014). O melhoramento genético da cana-de-açúcar tem contribuído para o lançamento de genótipos cada vez mais produtivos, resistentes a doenças e pragas e adaptadas para os diversos tipos de ecossistemas (AMARAL, 2019; BEZERRA 2018).

#### **1.4 Melhoramento genético da cana-de-açúcar**

Entre os séculos XIX e XX, iniciaram-se os primeiros trabalhos de melhoramento da cana-de-açúcar, onde foram realizadas as primeiras coletas nos centros de diversidade por pesquisadores de Java (Indonésia), tanto para uso comercial quanto para fonte de germoplasma de genótipos. (MORAIS, 2015). Os primeiros melhoramentos consistiram em processos de hibridações apenas entre *S.*

*officinarum*. Após isto, produziram híbridos interespecíficos principalmente entre *S. officinarum* e *S. spontaneum* e, em seguida, retrocruzamentos destes híbridos com *S. officinarum* com intuito de melhorar a recuperação de características de interesse como a produção de açúcar. O ciclo seguinte abrange o cruzamento entre estes inúmeros híbridos resultantes de mobilização a fim de obter uma nova geração de cultivares, desta forma seguiu-se um sistema de seleção recorrente até a obtenção das cultivares da atualidade (TAIRUM, 2020).

Os programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar têm focado no desenvolvimento e lançamento de novas variedades com alto rendimento e resistentes às mudanças climáticas, auxiliando na sustentabilidade da cultura da cana-de-açúcar e na redução dos custos visando a maior produção de etanol e de açúcar (MORAIS, 2015). As cultivares atuais são oriundas de muitos anos de melhoramento genético, que tem como objetivo aumentar o teor de açúcar e combater pragas e doenças. Esse melhoramento provém do cruzamento de espécies com alto teor de sacarose (*S. officinarum* L.), e resistentes à estresses abióticos (*S. Spontaneum* L.), (AMBROSANO, 2022).

No Brasil, as principais instituições responsáveis pelos programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar em funcionamento são: Instituto Agrônomo de Campinas, responsáveis pelo desenvolvimento das cultivares da sigla IAC; Centro de Tecnologia Canavieira, pelas cultivares da sigla CTC, que incorporou o programa das cultivares SP da Copersucar; e Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), pelas cultivares da sigla RB (MORAIS 2015). O programa da RIDESA tem grande importância para a matriz energética, pois na safra 2014/2015 contribuiu expressivamente na produção do país representando 68% das variedades de cana cultivadas (MORAIS, 2015).

No Rio Grande do Sul, nove variedades RB providas de melhoramento genético que são indicadas para o cultivo no Estado, sendo elas: RB855156, RB966928, RB946903, RB925345 e RB965902, de maturação precoce; e RB867515, RB925268, RB935744, RB987935 e RB845210, de maturação médio-tardia. (SILVA, 2016). Com o estudo realizado, as variedades apresentaram uma boa adaptação ao clima frio do Estado e saúde vegetal, concluindo que têm potencial para prolongar a sua utilização na indústria (SILVA, 2016).

A variedade RB925345 possui características principais como: alto teor de sacarose, alta produtividade e alto teor de fibra no início de safra e período de colheita entre maio e junho. A variedade foi obtida através do cruzamento da planta de cana-

de-açúcar do tipo H59-1966 e liberada no ano de 2006 pela Universidade Federal de São Carlos (OLIVEIRA, 2021).

A variedade RB867515 foi obtida através de um policruzamento da variedade RB72454 com pólen de 49 diversas outras variedades e liberada no ano de 1997, pela Universidade Federal de Viçosa. A variedade RB867515 foi reconhecida por expandir a área de cultivo em solos de baixa fertilidade, de textura arenosa e com restrições hídricas, onde outras variedades não apresentavam o mesmo desempenho. Em 2020, representou em média 22% da área total cultivada com cana-de-açúcar no Brasil. A variedade possui características principais como alta produtividade, alto teor de sacarose, médio teor de fibra, maturação de média a tardia, boa capacidade de brotação mesmo em plantio tardio sob baixa temperatura (OLIVEIRA, 2021).

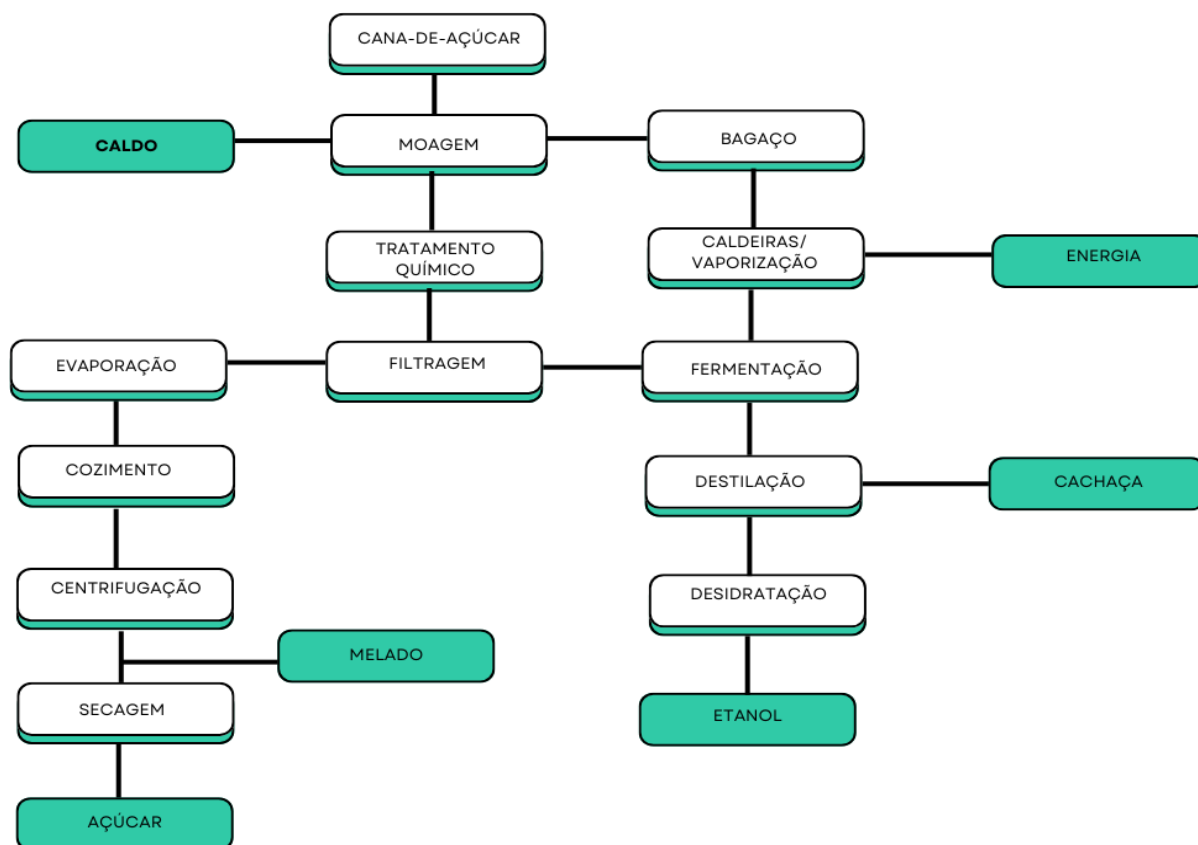
A variedade RB987935 possui características como alta produtividade agrícola, médio teor de sacarose, excelente sanidade, ampla adaptabilidade e estabilidade, e melhor período de colheita entre julho e setembro. A mesma foi liberada no ano de 2015 pela Universidade Federal de Viçosa e, foi obtida através do cruzamento da planta de cana-de-açúcar do tipo RB72454 e RB83102 (OLIVEIRA, 2021).

## **1.5 Beneficiamento da cana-de-açúcar**

A versatilidade da cana-de-açúcar dá origem a diversos produtos desde a matéria-prima até o bagaço. O extrato de cana, que é a principal matéria-prima da indústria sucroalcooleira, é comumente utilizado para a produção de açúcar refinado. Além do açúcar refinado, o extrato também dá origem a outros produtos, incluindo açúcar mascavo, melaço, rapadura e cachaça (ALI, 2019; SAMPAIO, 2021).

De acordo com a Figura 2, quando o extrato recebe tratamentos físicos como filtração, clarificação e refinamento é obtido o açúcar como produto final (CHEAVEGATTI-GIANOTTO, 2011). Assim como pode-se obter o melado, conforme a resolução RDC Nº 723, é definido como produto obtido pela concentração do extrato de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ou a partir da rapadura derretida (BRASIL, 2022).

Figura 2 - Fluxograma do processamento de produtos e subprodutos da cana-de-açúcar



Fonte: AUTOR, 2024.

A fermentação do extrato de cana-de-açúcar dá origem ao etanol e à cachaça (CHEAVEGATTI-GIANOTTO, 2011). O efluente resultante desta fermentação chama-se vinhaça e é altamente nocivo à natureza devido a sua quantidade elevada de matérias orgânicas (Figura 2).

O bagaço da cana-de-açúcar é utilizado nas usinas, onde é queimado para gerar energia e pode ser usado como matéria-prima para a produção de etanol, na fabricação de ração animal e em fertilizantes para as lavouras (Figura 2) (ARAÚJO, 202; SAMPAIO, 2021).

## 1.6 Extrato de cana

O líquido extraído pela moagem dos colmos da cana-de-açúcar denomina-se extrato de cana, também conhecido como caldo de cana ou garapa, que é obtido

através de moendas automáticas ou manuais, dando origem a um líquido opaco, cuja cor varia de amarelo a verde. A bebida é muito apreciada no Brasil, principalmente nas estações mais quentes, devido a sua refrescância e sabor doce (PEREIRA, 2014; BROCHIER, 2018).

O extrato de cana é considerado uma bebida energética composta principalmente por carboidratos, na qual seu valor energético em uma quantidade de 100 ml pode variar de 40 a 70 kcal (ARIF, 2019; SINGH, 2023; BETTANI, 2024). O conteúdo de açúcares totais no extrato de cana é majoritariamente composto por sacarose, glicose e frutose (SAMPAIO, 2021). Segundo Eggleston (2018), a sacarose representa de 79 a 88% dos sólidos solúveis do extrato de cana-de-açúcar. Em menor porcentagem, os açúcares glicose e frutose podem representar de 2 a 4% dos sólidos solúveis do extrato de cana. Minerais como magnésio, ferro, cálcio, potássio, sódio e fósforo são os principais minerais contidos no extrato de cana (SAMPAIO, 2021; SREEDEVI, 2018).

A seguir, na Tabela 1, são apresentados os conteúdos minerais comparando diferentes estudos com caldo de cana-de-açúcar de diferentes regiões e países.

Tabela 1 - Comparação de conteúdo mineral de caldos de cana-de-açúcar de diferentes estudos.

Minerais	TARAFDAR, 2021	SOUZA, 2015	NOGUEIRA, 2009
	Índia, Kashipur	Brasil/MA	Brasil/ES
Mg	27,28	1397	12
Fe	-	43	2,3
Ca	20,09	108	31
K	23,95	650	7,1
P	12,74	421	1,9
Mn	0,23	4.7	0,63

Fonte: Autor (2024). Valores expressos em mg/100ml.  
Mg: magnésio; Fe: ferro; Ca: cálcio; K: potássio; P: fósforo; Mn: manganês.

Os compostos fenólicos são reconhecidos pelos seus efeitos benéficos para a saúde, como por exemplo, proteção às células de processos degenerativos e efeito antiproliferativo em células carcinogênicas (BARRERA, 2020). Recentes estudos identificaram flavonoides como os principais compostos bioativos no extrato de cana-de-açúcar (SAMPAIO, 2021; BARRERA 2020; ALI, 2019).

Em estudo de Barrera et al. 2020 com cana-de-açúcar foram encontrados compostos bioativos como ácidos hidroxicinâmicos e flavonas. Rodrigues et al. 2021 relata que encontrou flavonas como luteolina, apigenina e tricina em extrato de cana como principais compostos fenólicos em extrato de cana-de-açúcar cultivada no Rio Grande do Sul.

A cana-de-açúcar apresenta propriedades biológicas como a capacidade anti-hiperglicêmica, analgésico, diurético, anti-inflamatório, anti-hipercolesterolêmico, podendo atuar na proteção contra distúrbios metabólicos e problemas cardiovasculares (ALI, 2019).

O extrato de cana *in natura* possui um alto grau de perecibilidade, mesmo sendo acondicionado sob refrigeração e pode sofrer alterações microbiológicas, devido à higienização inadequada durante a extração do caldo, assim como alterações físico-químicas e sensoriais em até 24 horas após sua extração (SANTOS 2014; SANDA 2016; BROCHIER, 2018; MEDEIROS, 2020). As principais deteriorações causadas por microorganismos nas bebidas de origem vegetal são alteração de sabores e odores desagradáveis (*off-flavors*), que são resultantes da fermentação dos carboidratos contidos no extrato de cana e formam de ácido lático, etanol e ácido acético (GOMES, 2019).

O processo de deterioração do extrato de cana inicia-se com o escurecimento, geralmente causado pela atuação de enzimas, principalmente, as polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD). Estas enzimas catalisam reações de oxirredução, então são classificadas como oxidorredutases (SANTOS, 2014).

A enzima POD atua na catalisação de reações oxidativas utilizando peróxido como substrato, em alguns casos, usa oxigênio como aceptor de hidrogênio, A POD pode causar destruição de vitamina C e promover a descoloração de antocianinas. A enzima PPO realiza a degradação dos compostos fenólicos, formando quinonas e posteriormente pigmentos escuros (MEDEIROS, 2020).

Estudos demonstram que a conservação do extrato de cana pode ser realizada por tratamentos térmicos, como por exemplo, a pasteurização, branqueamento e esterilização, que evitam as alterações no extrato de cana-de-açúcar causadas pela



atuação de enzimas responsáveis pela deterioração do produto (KAMBLE, 2020; SANTOS 2014).

A pasteurização promove a inativação ou controle das enzimas oxirredutases, dando praticidade no consumo e preservação das qualidades e benefícios ofertados pelo produto (KAMBLE 2020; ALARCÓN 2021; PEREIRA, 2014, SANTOS, 2014).

## **Artigo 1 - Propriedades nutricionais, perfil de minerais e potencial antioxidante de extratos da canas -de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS**

### **Resumo**

O objetivo do estudo foi caracterizar a composição centesimal, o perfil de minerais por MIP-OES e potencial bioativo de extratos de variedades de cana adaptadas para o cultivo no sul do Rio Grande do Sul. O extrato de cana-de-açúcar foi filtrado e análises de pH, SST, ATT e densidade, parâmetros de cor como L\*, a\* e b\*, croma e ângulo de matriz foram determinados. Para composição centesimal foram utilizados métodos de acordo com AOAC. Métodos ABTS, DPPH e FRAP para capacidade antioxidante. Compostos fenólicos totais foram determinados pelo método Folin-Cateau. O perfil mineral foi determinado por MIP-OES. Os extratos apresentaram altos teor de sacarose (15,71 a 19,57%) e glicose (3,33 a 6,07%), baixos teores de proteínas (0,16 a 0,17%), cinzas (0,20 a 0,32%) e fibras (0,01 a 0,08%) e alta capacidade antioxidante com compostos fenólicos totais que variaram de 150,07 a 234,06, ABTS de 5,17 a 60,54 mol TE/100 ml e FRAP de 113,25 a 180,79 mol TE/100 m e DPPH de 0,77 a 3,18 EC50 mg/ml com predominância de minerais como potássio (27,70 a 48,97 mg/100ml), cálcio (3,92 a 13,72 mg/100ml), magnésio (3,07 a 11,37 mg/100ml) e zinco (0,07 a 0,20 mg/100ml). A filtração do extrato diminuiu o índice de escurecimento e croma.

**Palavras-chave:** caldo de cana; antioxidantes; perfil de minerais; composição centesimal; melhoramento genético

## 1. Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das maiores e mais antigas culturas produzidas no Brasil, e atualmente o país que lidera a produção mundial da planta, representando um dos maiores commodities da economia brasileira [1]. O beneficiamento da cana no Brasil é destinado principalmente à produção sucroalcooleira do açúcar, etanol anidro e etanol hidratado [2][3]. Em menor escala são produzidos outros produtos a partir do extrato da cana-de-açúcar como melado, rapadura, cachaça e açúcar mascavo[4][5].

O extrato de cana-de-açúcar é obtido através da moagem da cana em moinhos e, geralmente, são consumidos de forma *in natura*, e popularmente chamado de caldo de cana [6][7][8]. Pode ser adicionado frutas cítricas à bebida e, normalmente, é comercializado em vias públicas, parques e feiras [9]. Devido a alta perecibilidade e carga microbiana do extrato, é recomendável que seja consumido imediatamente após a extração [10]. A pasteurização é um método de conservação que pode ser aplicado ao extrato, inativando enzimas que causam deterioração do extrato e eliminando microorganismos patogênicos sensíveis a altas temperaturas, garantindo a qualidade do extrato e permitindo o armazenamento do mesmo [11]. Ademais, no Brasil o extrato da cana de açúcar é considerado suco *in natura* ácido, e para a sua comercialização deverá atender padrões microbiológicos descritos na IN 60/2019[12].

O caldo de cana é considerado uma bebida com grande potencial nutricional formada principalmente por água (75-85%), sacarose (10-21%), glicose, frutose, aminoácidos, ácidos orgânicos, ceras e outras moléculas [13] [14] [15]. O caldo de cana possui um alto teor de minerais, cuja concentração pode variar consideravelmente dependendo da origem da matéria-prima [16]. De acordo com Santos [17], os minerais representam de 3 a 5% do caldo de cana-de-açúcar, destacando-se o ferro, cálcio, potássio, sódio, fósforo, magnésio como os principais componentes minerais encontrados. Popularmente, o consumo *in natura* do caldo de cana têm a finalidade de saciar a sede, repor de forma instantânea energia e os minerais [18].

O caldo de cana-de-açúcar possui abundância em compostos bioativos como fenóis, flavonoides e outros compostos antioxidantes [19]. Duarte-Almeida [20] avaliou

compostos fenólicos de extrato de cana comercializado em São Paulo e flavonas como tricina ( $35,7 \text{ mmol.L}^{-1}$ ), apigenina ( $27,8 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) e luteolina ( $9,2 \text{ mmol.L}^{-1}$ ) foram os principais compostos fenólicos encontrados. Rodrigues [10], que determinou a composição de extrato de cana na cidade de Veranópolis no RS, relatou composição fenólica total que variou de 81,4 a 108 mg GAE/L de extrato e as flavonas, que foram compostos em maior abundância, representaram de 37,8 a 49 mg GAE/L do valor total destes compostos. Os compostos fenólicos são responsáveis pelas propriedades nutracêuticas do extrato, como por exemplo a capacidade antioxidante e antiproliferativa em células cancerígenas no organismo [20][10].

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância para a produção de alimentos, energia e como matéria-prima para uma série de indústrias. O plantio de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul apresenta limitações, como por exemplo, as estiagens constantes e temperaturas muito baixas no inverno. Temperaturas de  $2,5^{\circ}\text{C}$  ou inferiores podem interromper o processo de maturação da cana-de-açúcar, diminuindo a concentração de sacarose no colmo [21]. Portanto, o programa de melhoramento genético da cana-de-açúcar é considerado o principal método para o aumento da produtividade na maioria dos países que cultivam cana-de-açúcar, contribuindo na redução de custos na produção [22].

As variedades RB de cana-de-açúcar, que foram desenvolvidas a partir de cruzamentos realizados antes de 1990 na Serra do Ouro em Alagoas, continuam a ser estudadas Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), No Brasil. Com exceção da variedade RB867515, que foi desenvolvida ainda na Planalsucar, as variedades RB987935, RB925345 e RB935744, foram desenvolvidas pela RIDESA, a fim de proporcionar uma alta produtividade, além de possuírem características principais de extrema importância como o alto teor de açúcares, que é um dos objetivos básicos do processo produtivo canavieiro [23][24].

A composição do extrato da cana-de-açúcar pode variar significativamente de acordo com as características da matéria-prima. Fatores agrônômicos, como o tipo de solo, o clima, a temperatura e as práticas de cultivo, além das características varietais da cana, exercem influência direta na concentração de sais minerais e cinzas presentes na planta [25].

Atualmente, as variedades RB supracitadas são cultivadas no Estado do RS, uma vez que são variedades que se adaptam as condições edafoclimáticas desta região. É importante destacar que a composição nutricional, minerais e compostos bioativos presentes no extrato da cana variam de acordo com a variedade e também a região de cultivo. Entretanto, os estudos sobre o extrato de cana-de-açúcar ainda são escassos, tornando essencial a investigação de sua composição físico-química, mineral e bioativa. Para a agroindústria, obter informações sobre essa plantaçoão aprimorada é fundamental, pois a adaptação às condições locais pode apresentar desafios. No entanto, com o melhoramento adequado, é possível superar essas dificuldades e alcançar resultados promissores, contribuindo para a valorização do produto e o desenvolvimento do setor.

Este estudo teve como objetivo determinar a composição nutricional, o perfil de minerais por MIP-OES, e o potencial antioxidante do extrato de cana-de-açúcar deas variedades RB cultivares adaptadas à região sul do Rio Grande do Sul.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. Amostragem**

As cultivares deste estudo foram coletadas no município de Canguçu, no período de dezembro de 2023. Essas cultivares são provenientes de melhoramento genético da Embrapa Clima Temperado e subdivididas em 4 genótipos (Figura 1) identificadas como RB925345, (maturação precoce), RB935744 (maturação tardia), RB867515 (maturação tardia) e RB987935 (maturação tardia) recomendadas para o cultivo no RS. Após a colheita, o material foi lavado em água corrente para retirada de sujidades e logo após foi submetido a extração em moedor de cana na agroindústria local. Os extratos obtidos foram envazados em garrafas de polietileno tereftalato de 500 mL e armazenados em ultra-freezer a -18°C, no laboratório, até o momento das análises. Para realização das análises, o extrato foi descongelado em temperatura ambiente e em seguida filtrado em papel filtro, exceto em análise de cor em extrato *in natura*, onde não foi filtrado.

## **2.2 Parâmetros Físico-químicos**

Para determinação dos parâmetros físico-químicos do extrato de cana-de-açúcar, foram utilizados métodos conforme Association of Official Analytical Chemists [27]. Os sólidos solúveis totais foram determinados utilizando o extrato de cana puro a  $20 \pm 2$  °C utilizando um refratômetro digital e os valores foram expressos em °Brix (método 932.14). O potencial de hidrogeniônico (pH) foi determinado utilizando um pHmetro digital. A umidade foi determinada usando polpa seca em estufa a  $70 \pm 2$  °C (modelo TE-393, Tecnal, São Paulo, Brasil) até peso constante (método 925.09). A acidez titulável total foi determinada por meio de titulação com uso de solução de hidróxido de sódio 0,1 M e expressa em porcentagem (% m/V) por 100 mL de amostra.

## **2.3 Determinação da composição centesimal**

A quantidade de sacarose, glicose e açúcares totais foi determinada através do método de Lane-Eynon [26]. O teor de proteína bruta foi calculado a partir da determinação de nitrogênio pelo método de Kjeldahl [26]. Foi utilizado um fator de conversão de 5,75 (método 920.87). O conteúdo mineral fixo foi determinado pelo método gravimétrico (método 940.26) [26]. A fibra bruta total foi quantificada pela técnica de digestão ácido-base [26]. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

## **2.4 Determinação do perfil de minerais por MIP-OES**

Para a determinação do conteúdo de minerais do extrato de cana-de-açúcar foi utilizado um espectrômetro de emissão óptica com plasma induzido por micro-ondas (MIP-OES) , equipado com o sistema de nebulização convencional para introdução da amostra no plasma do tipo OneNeb inerte (modelo MP-AES 4200, Agilent Technologies, Melbourne, Austrália),

A mineralização das amostras foi realizada utilizando um bloco digestor convencional (Marconi, modelo MA 4025, Brasil), no qual os tubos de decomposição foram acoplados ao sistema de refluxo (dedo frio) com um encaixe de teflon dotado de uma ranhura lateral para alívio da pressão (ORESTES et al.) [27]. O sistema

também possui circulação interna de água com temperatura controlada de 15 °C através de um banho termostatzado, modelo Q-214M2 (Quimis, Diadema, SP, Brasil).

Para a determinação dos sólidos dissolvidos, a evaporação dos ácidos foi realizada a 150 °C em chapa aquecedora analógica (Magnus, Piracicaba, SP, Brasil) com posterior secagem a 180 °C, em estufa de modelo 1.2 (Odontobrás, Brasil).

## **2.5      Conteúdo de Fenólicos Totais**

O conteúdo dos compostos fenólicos foi determinado pela metodologia descrita por Singleton e Rossi [28], através da reação colorimétrica utilizando a solução reativa de Folin Ciocalteau, com correspondente leitura da mistura em espectrofotômetro (6700 UV-Vis, JENWAY) no comprimento de onda de 725 nm. Soluções de ácido gálico foram utilizadas para elaboração de uma curva padrão de 25 a 300 g/L. Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 mL de extrato (mg EAG 100 mL<sup>-1</sup>).

## **2.6      Determinação da atividade antioxidante**

A atividade de eliminação do radical DPPH foi determinada pelo método de Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) com 0,1 mL da amostra diluída misturada com 2,9 mL da solução DPPH 0,06 mmol/mL e a absorbância foi medida a 540 nm após 30 min [29]. A atividade sequestradora de radicais ABTS foi determinada utilizando solução ABTS + 7 mM, reagindo com solução de persulfato de potássio 140 mM por 16 h e, em seguida, 3 mL da solução ABTS e 30 µL de cada amostra foram incubados no escuro, com absorbância medida a 734 nm após 6 min [30]. A capacidade de redução férrica foi determinada pelo método de Rufino et al. (2006) [31], utilizando 100µL de amostra em solução de cloreto férrico 3mM, que foram

submetidos a banho maria a 37°C por 30 minutos. Em seguida foi adicionado 1,8 mL TPTZ (2,4,6- Tris (2-piridil) -s-triazina) dissolvido em ácido clorídrico 0,05M. A absorbância foi medida a 620 nm após 10 min no escuro. Os ensaios DPPH, ABTS e FRAP foram expressos em mol de equivalente Trolox (mol TE/100 ml).

## 2.7 Análise de cor

A cor do extrato de cana foi avaliada por colorímetro portátil (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japão). O sistema CIELAB ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) foi utilizado para descrever os resultados onde o valor  $L^*$  representa brilho e refletância, variando de 0 (branco) a 100 (preto), o valor  $a^*$  mede a tonalidade entre o verde e vermelho, e o valor  $b^*$  corresponde aos tons azul e amarelo. Foram avaliados parâmetros de cor como croma ( $C^*$ ) e ângulo de matiz ( $h_a$ ) [32], e índice de escurecimento (BI) [33] e as seguintes equações foram utilizadas para obter os resultados:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \text{ (Eq. 1)}$$

$$\text{Ângulo de Matriz} = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \text{ (Eq. 2)}$$

$$\text{Índice de Escurecimento} = 100 (x - 0.31) / 0.172 \text{ onde } x = + 1.75L^* - 5.645L^* + a^* - 3.012b^* \text{ (Eq. 3)}$$



## 2.8 Análise Estatística

Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Os resultados são expressos como médias e desvio padrão. Para análise estatística foi utilizado o software Past para a Análise de Variância (ANOVA) seguida da aplicação de teste Tukey com nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ) para identificar a diferença entre as variedades.

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Parâmetros físico-químicos

Quanto à densidade do extrato de cana, as variedades apresentaram valores de 1,18 a 1,35 g/cm<sup>3</sup>, sem apresentarem diferença estatística entre elas. De maneira geral, os extratos de cana apresentam valores de pH próximos a 5,5. As variedades RB935744 e RB867515 apresentaram maiores valores de pH (5,87 e 5,79), respectivamente, diferindo-se estatisticamente das demais variedades (Tabela 1). Os resultados corroboram com o estudo de Sreedevi et al. [15], onde avaliou extrato de cana da variedade 93A145 cultivada na Índia, e encontrou uma média de 5,11 para pH. Kamble et al. [18] relatou pH de 5,20 em extrato de cana da variedade CO-86032 cultivada na Índia.

Em relação ao teor de sólidos solúveis a RB925345 apresentou maior teor de sólidos solúveis totais (25,84° Brix), diferindo-se estatisticamente em relação às demais variedades ( $p < 0.05$ ), que mantiveram-se na faixa de 19° Brix. (Tabela 1). De acordo com Oliveira [24], a variedade RB925345 é considerada uma variedade de maturação precoce, característica relacionada diretamente com o destaque na apresentação de maior teor de sólidos solúveis totais. Com exceção da variedade RB925345, as demais variedades apresentaram os conteúdos de sólidos solúveis próximos aos valores encontrados na literatura. No estudo de Brochier (2016) realizado com variedades de cana-de-açúcar cultivadas no Rio Grande do Sul, foi encontrado um valor de 18 °Brix de sólidos solúveis totais em extrato de cana *in*

*natura*. Sanda [9] realizou seu estudo com extrato de cana-de-açúcar cultivada no estado de Goiás, também relatou valores de e 18° Brix em extrato de cana *in natura*.

A variedade RB925345 também se destacou no parâmetro acidez titulável total (Tabela 1), apresentando maior porcentagem (4,65%) com diferença em relação às demais variedades ( $p < 0.05$ ). Já a cultivar RB935744 com menor percentual de acidez.

Os resultados de parâmetros físicos encontrados no presente estudo, com extrato de cana-de-açúcar cultivada no Rio Grande do Sul, mesmo sob condições climáticas adversas, demonstraram características semelhantes às observadas em outros estudos. Isso sugere que, apesar das diferenças climáticas, a adaptação da cultura pode permitir a obtenção de parâmetros produtivos e qualitativos comparáveis aos de variedades cultivadas em outras localidades.

### **3.2 Parâmetros de cor do extrato *in natura***

Em geral, a cor do extrato de cana varia de amarelo esverdeado a marrom claro. A coloração influencia na qualidade do extrato e é um parâmetro importante para a avaliação sensorial do produto, influenciando também na preferência do consumidor [7]. A nível industrial, a coloração mais escura do extrato de algumas variedades de cana-de-açúcar pode desvalorizar o produto, dificultando o desenvolvimento do mesmo [7]. Por outro lado, a cor do extrato de cana mais escuro pode influenciar positivamente nos produtos derivados, como o açúcar mascavo, onde sua produção utiliza o extrato de cana sem filtração.

Em relação à luminosidade ( $L^*$ ) do extrato de cana *in natura*, os resultados variaram de 14,70 a 16,98 (Tabela 2). O extrato da RB867515 apresentou maiores valores de luminosidade, apresentando diferença estatística ( $p < 0,05$ ) e uma cor mais clara. Em comparação com o estudo de Rodrigues [10], que encontrou valores de 31,57 e 29,77 para luminosidade de extratos de cana-de-açúcar cultivada no Rio Grande do Sul, os extratos utilizados no presente estudo possuem menor luminosidade, o que confere uma cor mais escura. As variedades não apresentaram diferença estatística em relação aos parâmetros  $a^*$ , que se manteve na faixa de 0,84

a 0,87. Assim como no parâmetro  $b^*$ , que também não foi obtida diferença estatística, onde as variedadesse mantiveram na faixa de 3,10 a 3,97 o que confere uma cor mais amarelada.

Quanto ao croma ( $C^*$ ) analisado nos extratos de cana *in natura*, a variedade RB935744 apresentou maior valor (16,63) com diferença estatística ( $p < 0,05$ ) quando comparada às demais variedades (Tabela 2). Oliveira [38] relatou valores de 4,88 para o parâmetro croma em extrato de cana *in natura*, valor relativamente abaixo aos encontrados no presente estudo.

A variedade RB935744 apresentou menor índice de escurecimento (145), apresentando diferença estatística ( $p < 0,05$ ) em relação às demais. Já a variedade RB867515, que apresentou maior índice de escurecimento, também se diferenciando estatisticamente ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

### 3.3 Parâmetros de cor de extrato filtrado

No extrato de cana não filtrado, a variedade RB867515 atingiu menores valores de luminosidade (14,35), diferindo-se estatisticamente das variedades RB987935 e RB867515 ( $p < 0.05$ ) e apresentando cor mais escura entre elas (Tabela 2).

Quanto às análises do parâmetro  $b^*$ , a variedade RB935744 apresentou menor valor (3,73), apresentando diferença significativa. ( $p < 0.05$ ) quando comparadas às demais, que possuem cor mais amarelada. A variedade RB935744 também atingiu menor valor de croma ( $C^*$ ) (14,71) com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) quando comparada às demais variedades, apresentando uma cor menos intensa e menos brilhante (Tabela 2). No parâmetro  $a^*$ , as variedades não apresentaram diferença estatística entre elas, mantendo os resultados numa faixa de 0,72 a 0,93.

No parâmetro índice de escurecimento os extratos de cana filtrados, a variedade RB867515 apresentou maior índice de escurecimento (132,65) com diferença estatística em relação as demais variedades ( $p < 0,05$ ), (Tabela 2). Este parâmetro é de interesse industrial para controle de qualidade, que exige cor de caldo

mais clara, bem como é interessante para a elaboração de coprodutos que não são submetidos a filtração, como por exemplo açúcar mascavo e rapadura.

As variedades que apresentaram cores mais escuras e um maior índice de escurecimento (RB925345 e RB935744) expressaram também maior atividade antioxidante, o que explica a influência das suas concentrações de compostos fenólicos na cor do extrato de cana. Os compostos fenólicos além de possuírem propriedades antioxidantes, também podem contribuir na cor do extrato, pois são responsáveis pela pigmentação do extrato através da reação de Maillard, ação de enzimas (polifenoloxidase e peroxidase), e à oxidação de seus componentes, especialmente da clorofila e polifenóis, gerando pigmentos marrons [10] [7].

Em geral, as cores podem sofrer alteração devido ao clima, maturidade, processamento industrial e armazenamento, porém, a variedade é um dos fatores mais importantes que afetam a cor do extrato de cana [7].

### **3.4 Composição Centesimal**

De acordo com a Tabela 3, em relação ao percentual de umidade a variedade RB935744 apresentou maior percentual (79,03%), com diferença estatística em relação às demais variedades ( $p < 0,05$ ). Já a variedade RB925345 obteve menor percentual (71,42%). Esses resultados reforçam a relação entre a umidade e o teor de açúcares do extrato. A umidade tende a aumentar quando moléculas de água são utilizadas para hidrólise da sacarose, resultando na formação de glicose e frutose [11]. Nesse contexto, a variedade em questão apresenta um teor de glicose superior ao das outras variedades analisadas.

Os maiores teores de sacarose foram encontrados nas variedades RB867515 e RB925345, de 19,57 e 18,81%, respectivamente, não diferindo entre si ( $p > 0,05$ ) (Tabela 3). De acordo com Oliveira [23], a variedade RB867515 e RB925345 possuem como característica um alto teor de sacarose. Assim como as variedades RB935744 e RB987935, que apresentaram menores percentuais (15,92 e 15,71%), possuem características como médio teor de sacarose [23]. Os valores encontrados corroboram com o estudo de Singh [34], que encontrou um percentual de 18,64% de sacarose em

extrato de cana-de-açúcar *in natura* na Índia. Em outro estudo realizado para a produção de açúcar não centrifugado, foram apresentadas variedades de cana-de-açúcar da Índia e Colômbia que possuíam altos teores de sacarose, que variaram de 16,81 a 21,11 [35]. Enquanto Arif [19], relatou teores de sacarose que variaram de 9,6 a 10,9% de concentração de sacarose em revisão de diversos extratos estudados.

Em relação ao conteúdo de glicose, os maiores teores foram encontrados nas variedades RB925345 e RB867515 e RB935744 que apresentaram conteúdo de 6,07, 5,27 e 5,18% de glicose diferindo-se estatisticamente ( $p < 0,05$ ) da variedade RB987935 (Tabela 3). Os valores encontrados são relativamente superiores aos do estudo de Silva [36], que quantificou o percentual de glicose em extrato cana obtido comercialmente em Uberaba – MG e apresentou um resultado de 2,39% de açúcares redutores no extrato *in natura*.

Em relação ao teor de proteínas, a variedade RB987935 apresentou menor percentual (0,16%), diferindo-se estatisticamente das demais variedades ( $p < 0,05$ ) entre as variedades, que apresentaram um percentual de 0,17% de proteínas (Tabela 3). Os valores encontrados no presente estudo são inferiores comparados ao estudo de Theodorovski et al. [37], com 0,22% e Oliveira [40] de 0,21% de proteínas em extrato de cana-de-açúcar *in natura*. Segundo Silva [39], a cana-de-açúcar já possui como característica o baixo teor de proteína. Este desprovimento pode ser reparado com suplementos minerais e fontes de nitrogênio no solo [40].

O maior percentual de fibra bruta foi encontrado na variedade RB867515 (0,08%), com diferença estatística em relação às demais cultivares ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3). Ainda assim, esse percentual é relativamente baixo. A maior concentração de fibras está localizada no bagaço da cana-de-açúcar, que é separado do extrato durante a extração, o que explica o baixo teor de fibras no extrato de cana [40].

A variedade RB987935 apresentou o maior percentual de resíduo mineral fixo (0,32%), diferindo estatisticamente das demais variedades ( $p < 0,05$ ) (Tabela 3). Os valores de resíduo mineral fixo do presente estudo corroboram com os encontrados em pesquisas como as de Theodorovski [37] e Rezzadori [8], que avaliaram características do extrato de cana-de-açúcar nos estados do Paraná e São Paulo e relataram teores de resíduo mineral fixo de 0,24% e 0,33%, respectivamente. O resíduo mineral fixo é toda a matéria inorgânica que permanece após a calcinação, consistindo no conteúdo total de minerais. A análise destes minerais é de extrema importância, pois permite avaliar os nutrientes e eficácia nutricional dos alimentos [41].

A quantidade de resíduo mineral fixo da cana-de-açúcar pode ser influenciada por fatores como as condições do solo e a variedade da cultivar [23] [42].

### **3.5 Conteúdo de minerais**

Minerais como ferro, cálcio, potássio, sódio, fósforo, magnésio e cloro contidos na cana-de-açúcar são conservados no extrato após extração, portanto, o extrato de cana é considerado fonte destes minerais e nutrientes [43]. Na Tabela 4 estão apresentados os conteúdos de minerais das variedades de extrato. De forma geral, os extratos são compostos majoritariamente por potássio, cálcio, magnésio e ferro. Estes minerais são de extrema importância devido aos benefícios que promovem à saúde[16].

As variedades RB925345 e RB987935 apresentaram maiores teores de potássio, com valores de 48,97 e 43,77 mg/100ml, respectivamente, diferindo-se estatisticamente ( $p < 0,05$ ) quando comparadas às demais variedades (Tabela 4). Os teores de potássio encontrados são relativamente inferiores comparados a literatura. O estudo de Tarafdar [44], realizado na Índia, relata teores de potássio em média 2.395 mg/L de extrato de cana. Bettani [25] relatou médias que variaram de 0,74 a 1,64 g/kg de potássio em extrato de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. O potássio desempenha variadas funções essenciais para o bom funcionamento do organismo, principalmente em músculos e na transmissão de impulsos nervosos. Suas concentrações intra e extracelulares influenciam na transmissão neural, na contração muscular e no tônus vascular [47].

Em relação ao ferro, a variedade RB925345 apresentou maior conteúdo (2,28 mg/100ml), com diferença estatística ( $p < 0,05$ ) quando comparada às demais variedades (Tabela 4). A variedade em evidência atinge 16,28% do valor recomendado em relação às ingestões diárias de referência (IDR), que consiste em 14 mg/dia (Tabela 5). Os teores de ferro encontrados no presente estudo são relativamente inferiores quando comparados ao estudo de Sperança [46], que encontrou média de 64,04 mg/100ml de ferro em extrato de cana cultivado no estado de São Paulo. O ferro é responsável por transportar oxigênio pelo corpo. Além de

auxiliar no transporte de oxigênio, o ferro participa na síntese de DNA e na síntese proteica, sendo considerado um mineral essencial para o organismo [47].

A variedade RB987935 apresentou maior teor de cálcio (13,72 mg/100ml), com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) comparada às demais variedades (Tabela 4). A variedade em evidência atinge 1,37% do valor recomendado em relação às ingestões diárias de referência (IDR), que consiste em 1.000 mg/dia (Tabela 5). O teor de cálcio do presente estudo é relativamente superior quando comparado ao estudo de Bettani [26], que encontrou médias que variaram de 0,06 a 1,65 mg/100g de cálcio em extrato de cana das variedades RB867515 e RB966928, sob diferentes climas e em diferentes estágios de maturação. O cálcio é um dos minerais com mais proporções no organismo humano, atuando na manutenção de ossos, no relaxamento e na contração dos músculos e, ainda, no funcionamento dos nervos, na coagulação do sangue e na regulação da pressão arterial [49].

A variedade RB987935 apresentou maior teor de magnésio (11,37 mg/100ml), com diferença estatística quando comparadas às demais variedades ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). A variedade em evidência atinge 4,37% do valor recomendado em relação às ingestões diárias de referência (IDR), que consiste em 260 mg/dia (Tabela 5). Os teores de magnésio encontrados no presente estudo são relativamente superiores comparados ao estudo de Bettani [25] que relatou médias que variaram de 0,14 a 0,20g de magnésio por kg de extrato de cana entre as variedades RB867515 e RB966928, sob diferentes climas e em diferentes estágios de maturação. O magnésio está relacionado a muitas funções no organismo, desempenhando um papel de extrema importância na prevenção de doenças e promovendo saúde. Participa de funções importantes como a transmissão nervosa, excitabilidade cardíaca, condução neuromuscular, contração muscular, tônus vasomotor, pressão arterial e metabolismo de glicose e insulina [49].

De modo geral, os resultados obtidos neste estudo apresentam valores mais elevados em comparação ao estudo de Souza [16], que analisou a composição mineral do extrato de cana-de-açúcar de três localidades do Nordeste do Brasil. Nesse estudo, foram encontrados teores de potássio entre 650 e 954 mg/L, cálcio entre 90 e 108 mg/L, ferro de 24 a 43 mg/L e magnésio variando de 117 a 1397 mg/L.

### 3.6 Conteúdo de fenólicos totais e atividade antioxidante

Os compostos fenólicos nos vegetais são considerados antioxidantes naturais que contribuem para as propriedades biológicas e farmacológicas, como atividades anti-inflamatórias, antiproliferativas, antimicrobianas, anti alérgicas, entre outras [10].

Na Tabela 6 estão apresentados o conteúdo de fenólicos totais dos extratos de cana. As variedades RB987935 e RB925345 apresentaram maiores conteúdos de compostos fenólicos totais (195,5 e 234,06 mg/100ml, respectivamente), diferindo-se estatisticamente das demais ( $p < 0,05$ ) (Tabela 6). Os resultados encontrados foram relativamente altos comparados a estudos de Sreedevi [15], que avaliou extrato de cana da variedade 93A145, na Índia, e encontrou valores de compostos fenólicos de 31,80 GAE/100 mL e Ali [5] que relatou compostos fenólicos totais 93 mg GAE/100 mL de extrato de cana.

Estudos relatam que o extrato de cana-de-açúcar apresenta significativa capacidade redutora férrica, além de demonstrar potencial na eliminação de radicais livres, como DPPH e ABTS, o que pode estar associado à presença de compostos bioativos com propriedades antioxidantes. [7][5]. O ensaio DPPH baseia-se na neutralização do radical livre DPPH por doadores de hidrogênio, enquanto o ABTS mede a redução do cátion radical ABTS, que pode ocorrer tanto por transferência de elétrons quanto por doação de hidrogênio. Já o método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) avalia a capacidade dos antioxidantes de reduzir íons férricos ( $\text{Fe}^{3+}$ ) a íons ferrosos ( $\text{Fe}^{2+}$ ) em um ambiente ácido. Essas diferenças nos mecanismos de ação resultam em variações nos valores de atividade antioxidante obtidos, pois diferentes compostos podem ter maior afinidade por um tipo específico de mecanismo de neutralização de radicais. Assim, a combinação dos três métodos proporciona uma avaliação mais abrangente do potencial antioxidante das amostras analisadas [29] [30] [31].

Em relação à atividade antioxidante, pelo ensaio de desativação do radical ABTS, os valores obtidos variaram de 5,17 a 60,54  $\mu\text{mol ET}/100\text{ mL}$ , conforme apresentado na Tabela 6. A variedade RB925345 apresentou maiores valores de eliminação de radical (60,54  $\mu\text{mol TE}/100\text{ ml}$ ). Os valores obtidos são mais



baixos em relação ao estudo de Ali [5], que encontrou um resultado de 9,65  $\mu\text{mol TE/g}$  no extrato de cana.

Pelo ensaio de redução de ferro (FRAP) as variedades RB987935 e RB925345 apresentaram maior capacidade de redução férrica foram com valores de 180,79 e 167,86  $\mu\text{mol ET/100 mL}$  (Tabela 6), diferindo-se das demais variedades ( $p < 0,05$ ). Os valores são superiores comparados ao estudo de Ali [5], que encontrou 13,46 mgTE/g de extrato de cana pelo método FRAP.

Quanto ao potencial antioxidante em equivalente EC50 (Figura 2), a cultivar RB867515 expressou valores superiores às demais variedades (3,18 mg/ml). Os valores encontrados no presente estudo são relativamente inferiores em comparação ao estudo de Cifuentes [50], que relatou EC50 de 4,33 mg/ml em caldo de cana-de-açúcar (Figura 2).

Em geral, as variedades RB987935 e RB925345 apresentaram os maiores valores de compostos bioativos e conseqüentemente maior capacidade antioxidante. Esta relação é explicada pela influência dos compostos fenólicos presentes no extrato de cana, que são responsáveis pela sua atividade antioxidante [47] (Tabela 6).

#### **4. CONCLUSÃO**

Este estudo apresenta resultados inéditos sobre parâmetros físicos e químicos de qualidade do extrato de cana-de-açúcar. .

A variedade RB867515 obteve maior destaque nas propriedades que a indústria sucroalcooleira tem interesse, como por exemplo o alto teor de sacarose, que influencia no rendimento da matéria-prima em relação aos seus produtos. Esta variedade também expressou alto potencial antioxidante comparado à literatura, o que é considerado um ponto positivo, visto que a atividade antioxidante pode proteger contra a oxidação do produto, mantendo a qualidade do mesmo.

De acordo com os resultados dos parâmetros de cor, os extratos de todas variedades expressaram tendências na direção das cores verde e amarela. Além disto, a filtração do extrato influenciou no comportamento das variedades em relação ao índice de escurecimento e croma, diminuindo os valores dos mesmos, importante

para as produções que objetivam clarificar o extrato a fim de obter qualidade no produto final.

Em questões nutricionais, o estudo demonstrou que as variedades RB987935 e RB925345 possuem excelente qualidade para o consumo, destacando-se pelo alto teor de nutrientes e aporte energético significativo. Os resultados indicaram a presença de minerais essenciais (quais) além de carboidratos de rápida absorção, que fornecem energia imediata ao organismo. Diante disso, conclui-se que essas variedades são alternativas nutritivas e energéticas ideais para o consumo, reforçando a importância do caldo de cana como uma bebida *in natura*.

Tabela 2 – Parâmetros físicos pH, sólidos solúveis, acidez titulável total e densidade do extrato de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS.

Parâmetros Avaliados	Variedades			
	RB987935	RB925345	RB867515	RB935744
pH	5,67 <sup>b</sup> ± 0,02	5,62 <sup>b</sup> ± 0,01	5,79 <sup>a</sup> ± 0,09	5,87 <sup>a</sup> ± 0,01
SST (°Brix)	19,95 <sup>ab</sup> ± 0,12	25,84 <sup>a</sup> ±0,46	19,84 <sup>b</sup> ± 0,26	19,04 <sup>b</sup> ± 0,44
ATT (% de ácido cítrico)	3,20 <sup>a</sup> ± 0,34	4,65 <sup>b</sup> ± 0,27	2,39 <sup>b</sup> ± 0,20	2,09 <sup>b</sup> ± 0,20
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	1,18±0,00	1,22±0,00	1,35±0,00	1,29±0,00

Fonte: Autor (2024). Valores expressos em média (n=3) ± desvio padrão. SST = Sólidos Solúveis Totais expressos em °Brix . ATT = Acidez Titulável Total expressa em g de ácido cítrico em 100 ml de caldo de cana. Letras minúscula na mesma linha evidenciam diferença estatística significativa entre as cultivares pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

Tabela 3 – Parâmetros instrumentais para a cor e índice de escurecimento do caldo de cana-de-açúcar in natura e filtrado de variedades cultivadas no sul do RS.

Parâmetro	RB987935	RB925345	RB867515	RB935744
Caldo de cana <i>in natura</i>				
<b>L*</b>	15,87 <sup>ab</sup> ± 0,07	15,04 <sup>ab</sup> ±0,02	16,98 <sup>a</sup> ±0,37	14,70 <sup>b</sup> ±0,01
<b>a*</b>	0,86 <sup>a</sup> ± 0,02	0,86 <sup>a</sup> ±0,02	0,84 <sup>a</sup> ±0,04	0,87 <sup>a</sup> ±0,05
<b>b*</b>	3,85 <sup>a</sup> ± 0,01	3,85 <sup>a</sup> ±0,01	3,10 <sup>a</sup> ±0,50	3,97 <sup>a</sup> ±0,06
<b>C*</b>	15,05 <sup>a</sup> ± 0,62	15,65 <sup>a</sup> ±0,09	12,41 <sup>b</sup> ±3,46	16,63 <sup>bc</sup> ±0,48
<b>Ângulo de Matriz</b>	-4,09 <sup>a</sup> ±2,19	-4,90 <sup>a</sup> ±1,95	-0,19 <sup>a</sup> ±1,17	-2,58 <sup>a</sup> ±14,52
<b>Índice de Escurecimento</b>	212,78 <sup>ab</sup> ±5,28	165,16 <sup>ab</sup> ±0,78	289,58 <sup>a</sup> ±9,66	145,00 <sup>b</sup> ±1,69
Caldo de cana Filtrado				
Parâmetro	RB987935	RB925345	RB867515	RB935744
<b>L*</b>	14,91 <sup>a</sup> ± 0,07	15,16 <sup>b</sup> ±0,03	14,35 <sup>bc</sup> ±0,16	15,52 <sup>c</sup> ±0,05
<b>a*</b>	0,72 <sup>a</sup> ± 0,14	0,84 <sup>a</sup> ±0,06	0,93 <sup>a</sup> ±0,10	0,77 <sup>a</sup> ±0,12
<b>b*</b>	3,94 <sup>a</sup> ± 0,08	3,82 <sup>a</sup> ±0,01	3,84 <sup>a</sup> ±0,05	3,73 <sup>b</sup> ±0,05
<b>C*</b>	16,27 <sup>a</sup> ± 0,72	15,37 <sup>a</sup> ±0,04	15,39 <sup>a</sup> ±0,48	14,71 <sup>b</sup> ±0,35

<b>Ângulo de Matriz</b>	-2,02 <sup>a</sup> ± 3,77	0,35 <sup>a</sup> ±4,32	1,77 <sup>a</sup> ±6,52	2,60 <sup>a</sup> ±5,90
<b>Índice de Escurecimento</b>	155,45 <sup>ab</sup> ±4,61	172,29 <sup>b</sup> ±1,95	132,65 <sup>ab</sup> ±8,33	193,24 <sup>a</sup> ±3,13

Fonte: Autor (2024). Valores expressos em média (n=3) ± desvio padrão. Diferentes letras na mesma linha mostram diferença significativa entre as cultivares. As médias foram comparadas por ANOVA, usando o teste de Tukey ao nível de significância de  $p < 0,05$ . (L\*) \*: luminosidade, (a\*): direção para verde, (b\*): direção para amarelo, (C\*): croma.

Tabela 4 – Composição físico-química de caldo de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS.

Parâmetros Avaliados	Cultivares			
	RB987935	RB925345	RB867515	RB935744
Umidade (%)	77,55 <sup>b</sup> ± 0,46	71,42 <sup>c</sup> ± 0,36	77,11 <sup>b</sup> ± 0,28	79,03 <sup>a</sup> ± 0,03
Sacarose (%)	15,71 <sup>b</sup> ± 1,05	18,81 <sup>a</sup> ± 1,35	19,57 <sup>a</sup> ± 1,04	15,92 <sup>b</sup> ± 0,82
Glicose (%)	3,33 <sup>b</sup> ± 0,08	6,07 <sup>a</sup> ± 0,24	5,27 <sup>a</sup> ± 0,12	5,18 <sup>a</sup> ± 0,07
Proteínas (%)	0,16 <sup>b</sup> ± 0,01	0,17 <sup>a</sup> ± 0,02	0,17 <sup>a</sup> ± 0,01	0,17 <sup>a</sup> ± 0,01
Fibra (%)	0,04 ± 0,00	0,01 ± 0,01	0,08 ± 0,01	0,01 ± 0,00
Cinzas (%)	0,32 <sup>a</sup> ± 0,02	0,28 <sup>b</sup> ± 0,02	0,20 <sup>c</sup> ± 0,00	0,20 <sup>c</sup> ± 0,05

Fonte: Autor (2024). Valores expressos em média (n=3) ± desvio padrão. Valores expressos em g/100mL de caldo de cana. Diferentes letras na mesma linha demonstram diferença significativa entre as cultivares ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tabela 5 – Conteúdo de minerais no caldo de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS.

<b>Mineral (mg/100mL)</b>	<b>RB987935</b>	<b>RB925345</b>	<b>RB867515</b>	<b>RB935744</b>
<b>Zn</b>	0,20 <sup>a</sup> ± 0,00	0,10 <sup>b</sup> ± 0,00	0,07 <sup>b</sup> ± 0,03	0,20 <sup>a</sup> ± 0,01
<b>Ca</b>	13,72 <sup>a</sup> ± 0,80	3,92 <sup>b</sup> ± 0,91	8,02 <sup>ab</sup> ± 0,78	6,22 <sup>ab</sup> ± 0,92
<b>Fe</b>	0,62 <sup>b</sup> ± 0,06	2,28 <sup>a</sup> ± 0,18	0,43 <sup>b</sup> ± 0,03	0,60 <sup>b</sup> ± 0,05
<b>Ba</b>	0,05 <sup>a</sup> ± 0,00	-	0,05 <sup>a</sup> ± 0,00	-
<b>Cu</b>	0,05 <sup>a</sup> ± 0,00	0,10 <sup>b</sup> ± 0,00	0,05 <sup>a</sup> ± 0,00	0,05 <sup>a</sup> ± 0,00
<b>K</b>	43,77 <sup>a</sup> ± 2,51	48,97 <sup>a</sup> ± 2,08	27,70 <sup>b</sup> ± 1,01	38,17 <sup>ab</sup> ± 5,92
<b>Mg</b>	11,37 <sup>a</sup> ± 0,88	8,12 <sup>b</sup> ± 0,43	9,22 <sup>b</sup> ± 0,59	3,07 <sup>c</sup> ± 0,13
<b>Mn</b>	0,25 <sup>a</sup> ± 0,00	0,10 <sup>b</sup> ± 0,00	0,15 <sup>b</sup> ± 0,00	0,05 <sup>c</sup> ± 0,00

Fonte: Autor (2024). Valores expressos em média (n=3) ± desvio padrão. Diferentes letras na mesma linha mostram diferença significativa entre as cultivares. As médias foram comparadas por ANOVA, usando o teste de Tukey ao nível de significância de p <0,05.

Tabela 6 – Porcentagem dos Valores Diários Recomendados (%VDR) de Cálcio, Ferro e Magnésio em diferentes variedades de caldo de cana-de-açúcar.

<b>Cálcio</b>	<b>%VDR (1.000 mg/dia)</b>	<b>Ferro</b>	<b>%VDR (14 mg/dia)</b>	<b>Magnésio</b>	<b>%VDR (260 mg/dia)</b>
RB925345	1,37	RB925345	16,28	RB925345	4,37
RB987935	0,39	RB987935	4,48	RB987935	3,12
RB867515	0,80	RB867515	3,07	RB867515	3,54
RB935744	0,62	RB935744	4,28	RB935744	1,18

Fonte: Autor (2024). Porcentagem do Valor Diário Recomendado (%VDR) de cálcio, ferro e magnésio nos caldos de cana de diferentes variedades em relação às ingestões diárias de referência (IDR) estabelecidas: 1.000 mg/dia para cálcio, 14 mg/dia para ferro e 260 mg/dia para magnésio.



Tabela 7 – Fenólicos totais e atividade antioxidante do extrato de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do RS.

Potencial antioxidante	Variedades			
	RB987935	RB925345	RB867515	RB935744
Fenólicos				
Totais	195,5 <sup>a</sup> 3 ±	234,06 <sup>a</sup> ±	156,03 <sup>b</sup> ±	150,07 <sup>b</sup> ±
(mg EAG/ 100 mL)	1,56	5,29	1,82	1,77
ABTS	57,27± 3,99 <sup>a</sup>	60,54± 2,63 <sup>a</sup>	5,17 <sup>b</sup> ± 2,82	54,82 <sup>a</sup> ± 1,11
µmol ET/100 mL				
FRAP	180,79 <sup>a</sup> ±	167,86 <sup>a</sup> ±	113,25 <sup>b</sup> ±	136,04 <sup>c</sup> ± 1,49
µmol ET/100 mL	16,55	3,61	5,49	

Fonte: Autor (2024). Valores expressos em média (n=3) ± desvio padrão. Diferentes letras na mesma linha mostram diferença significativa entre as cultivares. As médias foram comparadas por ANOVA, usando o teste de Tukey ao nível de significância de p <0,05. EAG: equivalente ácido gálico, ET : equivalente a Trolox.

Figura 3 – Diferentes cultivares de cana de açúcar produzidas na região do 5 distrito de Canguçu colhidas em dezembro de 2022.



RB925345



RB867515

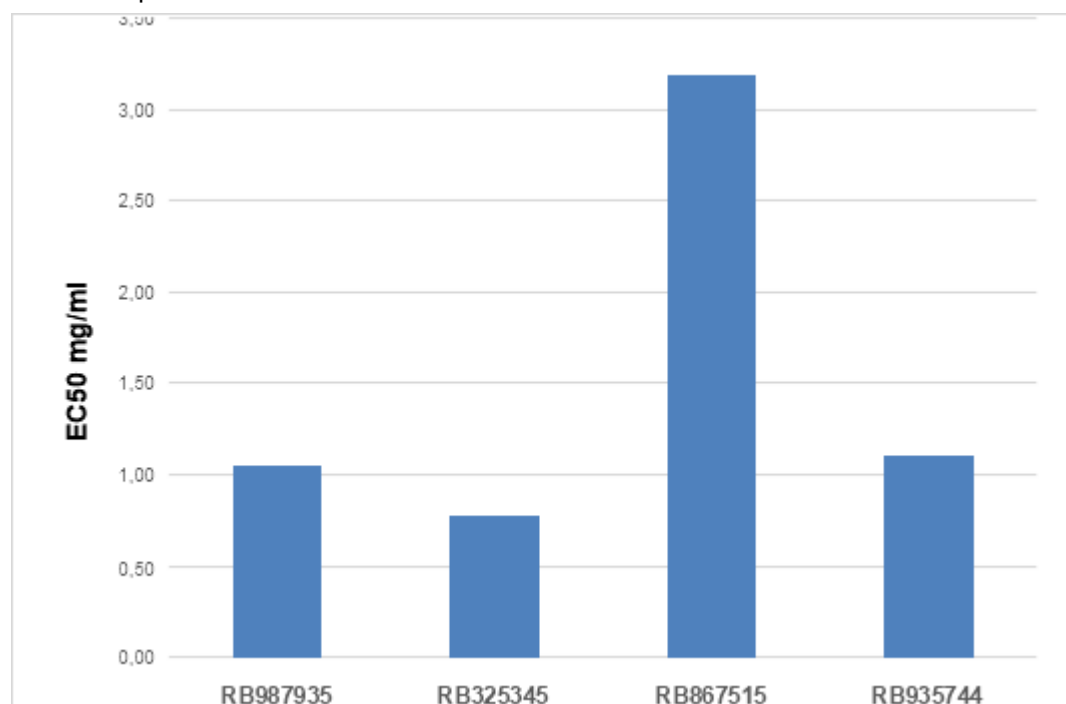


RB987935



RB935744

Figura 4 – Capacidade antioxidante de extratos de cana-de-açúcar de variedades cultivadas no sul do Rio Grande do Sul pelo método DPPH



Fonte: Autor (2024).

\*Valores de EC50 expressos em mg de extrato de cana-de-açúcar por ml de radical.

## REFERÊNCIAS

[1] FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA.

*Produção agrícola mundial: cana-de-açúcar*. 2022. Disponível em:

[https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity). Acesso em: 11 nov. 2024.

[2] Souza CC, Carneiro Junior JBA, Cristaldo MF, Castelão RA, Frainer DM, Viganó HHG. Previsão de produção de cana-de-açúcar e seus derivados, através de ARIMA, no período de 2020 a 2025, na macrorregião Centro-Sul do Brasil. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27048>.

[3] CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira de cana-de-açúcar. Brasília, v. 9 – Safra 2022-23, n. 2 - Segundo levantamento. p. 1-58; Agosto 2022.

[4] Matoso ES, Avancini AR, Maciel KFK, Alvez MC, Simon EDT, Silva MT. Influência do uso de um mix de bactérias diazotróficas na biometria e no conteúdo de clorofila de plantas de cana-de-açúcar. DOI:10.34117/bjdv6n2-141

[5] Ali SE, et al. Profiling metabolites and biological activities of sugarcane (*Saccharum officinarum* Linn.) juice and its product molasses via a multiplex metabolomics approach. *Food Bioscience*. 2019;24:934.

[6] MAIA, Amazile. Nutritional value of cane broth and nutraceutical potential of caná – cane broth's fermented drink; *Research, Society and Development*, v. 11, n. 3, e33811326112, 2022.

[7] Wang L, Wu J, Huang H, Huang W, Wang P, Chen J. Coloration mechanisms of fresh sugarcane juice: Investigating the critical components and enzyme activity. *\*Journal of Food Science\**. 2022;87:1552-1562.

[8] Rezzadori K, Serpa L, Penha FM, Petrus RR, Petrus JCC. Crossflow microfiltration of sugarcane juice – effects of processing conditions and juice quality. *\*Food Science and Technology\**. 2014;34(1):210-217.

- [9] Sanda ACM, et al. Desenvolvimento de caldo de cana pasteurizado adicionado de frutas ácidas. \*Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial\*. 2016;10(1):2064-2078.
- [10] Rodrigues NP, Brochier B, Kulmann de Medeiros J, Damasceno Ferreira Marczak L, Domeneghini Mercali G. Phenolic profile of sugarcane juice: Effects of harvest season and processing by ohmic heating and ultrasound. *Food Chemistry*. 2021; 347:129058. DOI
- [11] Chauan P, Kaushal M, Vaidya D, Gupta A, Ansari F, Patidar S. Review of sugarcane juice: Phytochemicals, therapeutic properties, and spoilage with its preservative measures. \*Annals of Phytomedicine\*. 2024;13(1):449-460. DOI: 10.54085/ap.2024.13.1.45.
- [12] BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre [coloque aqui o assunto principal da norma]. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 26 dez. 2019. Disponível em: < <https://www.in.gov.br> >. Acesso em: [26/02/2024].
- [13] Vlcentini-polette CM; Gallo AS; Silva JHN, Bernardi ACC, Borges MTMR, Verruma-Bernardi MR. Mineral levels in sugarcane syrup. *Food Science and Technology*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.5327/fst.00263>.
- [14]Alcantara GU, Rocha LP, Castilhos MBM, Costa GHG, Preparation of red seaweed extract for use as a flocculant agent in sugarcane juice and comparison between two experimental designs. DOI:[10.1016/j.indcrop.2023.117530](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117530)
- [15] Sreedevi P, Jayachandran LE, Rao PS. Browning and bioactive composition of sugarcane juice (*Saccharum officinarum*) as affected by high hydrostatic pressure processing. DOI: 10.1007/s11694-018-9811-7.
- [16] Souza FB, Menezes JAS, Souza RFR, Dutra ED, JR MAM. Mineral composition of the sugarcane juice and its influence on the ethanol fermentation. DOI: 10.1007/s12010-014-1258-7.
- [17]SANTOS JVC, Silva GR, Gandra LP, Kwiatkowski A, Gomes ASG. Propriedades da cana-de-açúcar e qualidade da bebida brasileira caldo de cana.. DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFPB | Nº 56 REVISTA PRINCIPIA
- [18]Kamble A. Effect of blanching treatment on antioxidant activity and color values of sugarcane juice. *Materials Today: Proceedings*. 2021. 47(16):5663-5667.
- [19] Arif S, Batool A, Nazir W, Khan RS, Khalid N. Physicochemical characteristics, nutritional properties, and health benefits of sugarcane juice. In: *Non-Alcoholic Beverages*. DOI:[10.1016/B978-0-12-815270-6.00008-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815270-6.00008-6)

[20] Duarte-Almeida JM, et al. Antioxidant activity of phenolic compounds from sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) juice. DOI: 10.1007/s11130-006-0032-6.

[21] Brixner GF. A cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul e suas interações em baixas temperaturas. Tese. Universidade Federal de Santa Maria; 2017.

[22] MORAIS, Lizz Kezzy et al. Melhoria genética de cana-de-açúcar / Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 38 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 200).  
Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/>

[23] Oliveira RA, Barbosa GVS, Daros E. 50 anos de variedades RB de cana-de-açúcar: 30 anos de RIDESA. Curitiba: UFPR; 2021. 199 p.: il. col. ISBN 978-65-994177-2-6.

[24] Silva JPN, Silva MRN. Noções da cultura da cana-de-açúcar. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2012. 105 p.

[25] Bettani SR, Borges MTMR, Soares MR, Liska GR, Rodrigues CEC. Relationship between the mineral content of sugarcane and its genuine derivative, non-centrifugal raw cane sugar. Food Research International. 2024;192:114783.

[26] AOAC. Official methods of analysis. 20th ed. 2016.

[27] ORESTE, E. Q.; JESUS, A.; OLIVEIRA, R. M.; SILVA, M. M.; VIEIRA, M. A. RIBEIRO, A. S. C. H.  
New design of cold finger for sample preparation in open system: Determination of Hg in biological samples by CV-AAS. Microchemical Journal, v.109, p.05-09, 2013. 8-0-12-815270-6.00008-6.

[28] Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, v. 16, n. 3, p. 144- 158, 1965

[29] Rufino MSM, et al. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Comunicado Técnico On Line 127. ISSN 1679-6535. Julho 2007. Fortaleza, CE.

[30] Rufino MSM, et al. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS. Comunicado Técnico On Line 128. ISSN 1679-6535. Julho 2007. Fortaleza, CE.

- [31] Rufino MSM, et al. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). Comunicado Técnico On Line 125. ISSN 1679-653. Dezembro 2006. Fortaleza, CE.
- [32] Papadakis SE, Abdul-Malek S, Kamdem RE, Yam KL. Versatile and inexpensive technique for measuring color in foods. *\*Food Technology\**. 2000;54:48-51.
- [33] Maskan M. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*. 2001;48:169-175. DOI: 10.1016/S0260-8774(00)00154-0.
- [34] Singh P, Chaurasia S, Kumar D. Sugarcane blanching at specific temperature and time combination preserves juice physio-biochemical, microbial and sensory attributes. *\*Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition\**. 2012;7(3-4):179-183.
- [35] Velásquez F, Espitia J, Mendieta O, Escobar S, Rodríguez J. Non-centrifugal cane sugar processing: A review on recent advances and the influence of process variables on qualities attributes of final products. *\*Journal of Food Engineering\**. 2019;255:32-40.
- [36] Silva CC, Assunção LF, Filho JWS. Determinação da inversão de sacarose em caldo de cana-de-açúcar submetido a tratamento por irradiação micro-ondas para produção de açúcar. <https://doi.org/10.18554/rbcti.v2i1.1115>.
- [37] Theodorovisk DC, Machado AR, Bertolo F, Ribeiro MCO, Prestes RA, Almeida DM. Caracterização de caldo de cana liofilização. *\*Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais\**. 2014;16(4):369-376. ISSN: 1517-8595.
- [38] Oliveira ACG, et al. Efeitos do processamento térmico e da radiação gama na conservação de caldo de cana puro e adicionado.
- [39] Silva SD, et al. Sistema de produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2016. 247 p. (Sistemas de Produção / Embrapa Clima Temperado, ISSN 1676-7683; 23).
- [40] Cheavegatti-Gianotto A, et al. Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): A reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. *\*Tropical Plant Biology\**. 2011;4:62-89. DOI: 10.1007/s12042-011-9068-3.
- [41] Moreira DB, Dias TJ, Rocha, VC, Chaves ACTA. Determinação do teor de cinzas em alimentos e sua relação com a saúde. [doi.org/10.51891/rease.v7i10.3011](https://doi.org/10.51891/rease.v7i10.3011).

- [42] Borges AL. Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá. Brasília, DF: Embrapa; 2021. Cap. 14. p. 263-303.
- [43] Silva PS, Ferreira DN, Souza NGG, Alecandre AM, Gomes IFA, Moreira RT. Desenvolvimento de sorvetes à base de caldo de cana e avaliação sensorial com crianças. DOI: 10.5433/1679-0359.2014v35n2p813.
- [44] Tarafdar A, Kaur BP. Microfluidization-driven changes in some physicochemical characteristics, metal/mineral composition, and sensory attributes of sugarcane juice. \*Journal of Food Quality\*. 2021. DOI: 10.1155/2021/3326302.
- [45] Grillo ADC, Guedes IM da S, Nicolai JC, Fernandez WS. Importância e atuação dos sais minerais no organismo. *Revista Científica Eletrônica de Enfermagem da FAEF*. 2020;4(3):1-11.
- [46] Sperança MA, Nascimento PAM, Pereira FMV. Impurity in sugarcane juice as mineral content: A prospect for analysis using energy-dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) and chemometrics. *Microchem J*. 2021;164:105951. doi: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.105951>
- [47] Vasconcelos SS, Gouveia GPM, Gouveia SS, Carvalho D. Saúde coletiva: Abordagem teórica e vivências práticas - Volume. Belo Horizonte, MG: Poisson; 2021. PDF. ISBN: 978-65-5866-071-2. DOI: 10.36229/978-65-5866-071-2.
- [48] Volpe SL. Magnesium in disease prevention and overall health. \*Advances in Nutrition\*. 2013;4(3):378S-83S. DOI: 10.3945/an.112.003483. PMID: 23674807; PMCID: PMC3650510.
- [49] Cifuentes J. Antioxidant and neuroprotective properties of non-centrifugal cane sugar and other sugarcane derivatives in an in vitro induced Parkinson's model. \*Antioxidants (Basel)\*. 2021;10(7):1040. DOI: 10.3390/antiox10071040



## Considerações Finais

A variedade RB867515 se destacou nas propriedades de interesse para a indústria sucroalcooleira, apresentando elevado teor de sacarose, o que impacta positivamente no rendimento da matéria-prima. Além disso, essa variedade demonstrou alto potencial antioxidante, o que é benéfico para a proteção contra a oxidação e manutenção da qualidade do produto.

A variedade RB867515 se destacou nas propriedades de interesse para a indústria sucroalcooleira, apresentando elevado teor de sacarose, o que impacta positivamente no rendimento da matéria-prima. Além disso, essa variedade demonstrou alto potencial antioxidante, o que é benéfico para a proteção contra a oxidação e manutenção da qualidade do produto.

Em relação a coloração, todos os extratos das variedades exibiram tonalidades próximas ao verde e amarelo. Entretanto, o processo de filtração dos extratos influenciou a redução do índice de escurecimento e do croma, sendo essencial para processos que visam à clarificação do extrato e à obtenção de produtos de alta qualidade.

No aspecto nutricional, as variedades RB987935 e RB925345 se destacaram por seu alto teor de nutrientes e aporte energético, com a presença de minerais essenciais e carboidratos de rápida absorção, proporcionando energia imediata ao organismo. Dessa forma, conclui-se que essas variedades representam alternativas nutritivas e energéticas ideais para o consumo.

Este estudo apresenta resultados da composição nutricional, parâmetros físico-químicos, perfil de minerais e pontecial bioativo das variedades cultivadas na região sul do RS, ainda não apresentados na literatura, assim contribuindo com conhecimento científico para o setor da agroindústria do RS afim de fomentar o cultivo das variedades da cana-de-açúcar para exploração sustentável do caldo da cana de açúcar para consumo *in natura* ou como matéria-prima para desenvolvimento de produtos agroindustriais como cachaça, melado, açúcar mascavo, rapadura, etc.

## Referências

ALARCÓN, Angela, L. et al. **Chemical characteristics and colorimetric properties of non-centrifugal cane sugar (“panela”) obtained via different processing Technologies**. Food Chemistry, v. 340, mar. 2021.

ALI, Sara, E. et al. **Profiling Metabolites and Biological Activities of Sugarcane (*Saccharum officinarum* Linn.) Juice and Its Product Molasses via a Multiplex Metabolomics Approach**. Food Bioscience. Molecules, v. 24, p. 934, 2019.

ALVES, Lázaro Quintino; FRANCO, Petrus Narciso; ZANETTI, William Aparecido Leoti; GÓES, Bruno César. **Desempenho da produção da cultura de cana-de-açúcar nos principais estados produtores**. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v. 15, n. 2, p. 303-317, 2021.

AMARAL, Marcos Antonio Corrêa Matos; COELHO, Rubens Duarte; JOSÉ, Jefferson Vieira. OLIVEIRA, Áureo Santana de. **Temperatura base e taxa de crescimento de oito variedades de cana-de-açúcar**. Revista GEAMA – Ciências Ambientais e Biotecnologia. 5 (1): 21-29. Abril, 2019.

ANGELO Priscila Milene; JORGE Neuza. **Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão**. Revista Instituto Adolfo Lutz, 66(1): 1-9, 2007.

ARIF Sania, et al. **Physiochemical characteristics, nutritional properties, and health benefits of sugarcane juice**. In: Non-Alcoholic Beverages. p. 227-257. DOI:10.1016/B978-0-12-815270-6.00008-6.  
ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 16th ed**. Arlington: AOAC, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists 20th ed**. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2006.

ARAÚJO, Renato; ALVES JUNIOR, José; CASAROLI, Derblai; EVANGELISTA, Adão Wagner PÊGO. **Variação na qualidade da matéria-prima da cana-de-açúcar em decorrência da suspensão da irrigação antes da colheita e da ocorrência de baixas temperaturas**. Bragantina, Campinas, v. 75, n. 1, p.118-127, 2016.

ASSIS, Evandro Carlos de. **Análise da fermentação associada à determinação dos açúcares redutores totais e dos subprodutos**. 2021. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal de Uberaba, Uberaba, 2021.

BARRERA, Cristina; BETORET, Noelia; SEGUÍ, Lucía. **Phenolic Profile of Cane Sugar Derivatives Exhibiting Antioxidant and Antibacterial Properties**. Sugar Tech . v. 22(5), p. 798–811, set/out. 2017.

BEZERRA, Janieire Dorlamis Cordeiro et al. **Cana-de-açúcar: melhoramento genético e suas finalidades forrageiras**. Nucleus Animalium, v.10, n.2, nov. 2018.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. Levantamento da safra de cana-de-açúcar 2023. Brasília, v.11 – Safra 2023/24, n.3 - Terceiro levantamento, p. 1-56, Novembro 2023

BROCHIER, B. **Efeito do campo elétrico na inativação de enzimas do caldo de cana durante aquecimento ôhmico**. 2018. Tese. (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.  
CHEAVEGATTI-GIANOTTO, Adriana et al. **Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): A Reference Study for the Regulation of Genetically Modified Cultivars in Brazil**. Tropical Plant Biology (2011) 4:62–89

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar** – v.11– Safra 2023/24, n.4 - Quarto levantamento, p. 1-52, Abril 2024. Disponível em: <http://www.conab.gov.br> ISSN 2318-7921

DIAS, Franciele Miranda Ferreira. **Alguns elementos sobre a cadeia produtiva da cana-de-açúcar no Brasil**. Geosul, Florianópolis, v. 36, n. 79, p. 116-142, mai./ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e73805>.

EGGLESTON, Gillian. **Positive Aspects of Cane Sugar and Sugar Cane Derived Products in Food and Nutrition**. Journal of Agricultural an Food Chemistry. 2018. 66, 4007– 4012. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b05734

**FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA**. *Produção agrícola mundial: cana-de-açúcar*. 2022. Disponível em: [https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity). Acesso em: 11 nov. 2024.

GOMES, Jéssica de Lima. **Processamento térmico de caldo de cana integral**. Dissertação apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, programa de pós-graduação em Engenharia de Alimentos. Pirassunga, 2019.

GONZÁLEZ, C.E.B. **Efeito da escaldadura-das-folhas em um campo comercial de cana- de -açúcar no brasil e reação de variedades**. Dissertação apresentada

ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados. Araras 2023

HARTER, Adilson et al. **ESTRATIFICAÇÃO AMBIENTAL E ADAPTABILIDADE DE GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR**. Disponível em: [https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2017/CA\\_03633.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2017/CA_03633.pdf). Acesso em 27/11/2024.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, I. A. L. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo, 1020p. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **A Geografia da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro. IBGE, 2017. 172p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Out/2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?edicao=41870&t=destaques>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção de Cana-de-açúcar**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cana-de-acucar/rs>

KAMBLE, Harshwardhan A. et al. **Effect of blanching treatment on antioxidant activity and color values of sugarcane juice**. Materials Today Proceeding, Volume 47, Part 16, Pages 5663-5667. 2021.

LUCENA, César Augusto da Silva. **A dinâmica de funcionamento da atividade açucareira e os seus reflexos sobre a economia nordestina**. Universidade Federal de Pernambuco. 2024.

MAIA, Amazile. **Nutritional value of cane broth and nutraceutical potential of caná – cane broth's fermented drink**. Research, Society and Development, v. 11, n. 3, e33811326112, 2022.

MATOS, Tulio Cavalcanti de. **A cultura da cana-de-açúcar e o manejo das principais pragas e doenças**. Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal da Paraíba. Areia. 2022.

MEDEIROS, Jucelio Kulmann de. **Termossonicação para inativação de enzimas presentes em caldo de cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum* L.)**. 2020. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2020.

MORAIS, Lizz Kezzy et al. **Melhoramento genético de cana-de-açúcar**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 38 p. (Documentos/Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 200). Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/>

NEVES, Pedro David Oliveira. **Importância dos compostos fenólicos dos frutos na promoção da saúde**. Monografia. UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA, 2015.

NOGUEIRA, Fernanda dos Santos; FERREIRA, Karla Silva; CARNEIRO JUNIOR, Josil de Barros; PASSONI, Luís César. **Minerals in sugar cane syrup and cane juice**. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas, 29(4): 727-731, out.-dez. 2009.

ODERICH, Edmundo Hope. **Dinâmicas socioeconômicas da expansão agrícola no Brasil: situações e tendências dos municípios e regiões da soja e da cana-de-açúcar**. Porto Alegre, 2020.

OLIVEIRA, Emídio Cantídio Almeida de. **Dinâmica De Nutrientes Na Cana-de-açúcar Em Sistema Irrigado De Produção**. Dissertação. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pernambuco. 2008.

OLIVEIRA, Ricardo Augusto de; BARBOSA, Geraldo Veríssimo de Souza; Daros, Edelclaiton. **50 anos de variedades RB de cana-de-açúcar: 30 anos de RIDESA**. Curitiba: UFPR. RIDESA, 2021. 199 p.: il. col. ISBN 978-65-994177-2-6.

OLIVEIRA, Priscila Mayara de Lima. et al. **Juá fruit (Ziziphus joazeiro) from Caatinga: A source of dietary fiber and bioaccessible flavanols**. Food Research International. 129. 108745. 2020.

PEREIRA, Rodolfo dos Santos; SANTOS, Sanvili Pavão dos. **Estudo da estabilidade do caldo de cana pasteurizado e adicionado de suco natural de limão**. Trabalho de conclusão de curso. 2014. (Curso Superior de Tecnologia em Alimentos) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

RUFINO, Maria do Socorro Moura et al. **Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP)**. Fortaleza, CE. ISSN 1679-6535 Dez, 2006.

RUFINO, Maria do Socorro Moura et al. **Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil.** Food Chemistry, 121, 996–1002. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.037>.

RUFINO, Maria do Socorro Moura et al. **Free radicalscavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH system.** Food Chemistry, 114(2), 693–695. 2009.

RUGERI, Alencar Paulo. **Identificação do uso e desempenho de genótipos de cana-de-açúcar no Estado do Rio Grande do Sul.** 2015. Dissertação. (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) Universidade Federal de Pelotas, 2015.

SAMPAIO, Maicon Renato Ferreira. **Prospecção química em produtos da cana-de-açúcar da Região Sul do Brasil.** 2021. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

SANDA, Ana Carla Midori Martins et al. **Desenvolvimento de caldo de cana pasteurizado adicionado de frutas ácidas.** Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial. Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 2064-2078, jan./jun. 2016.

SANTOS, JoãoVitor de Andrade dos. et al. **Propriedades da cana-de-açúcar e qualidade da bebida brasileira caldo de cana.** Revista Principia. Divulgação científica e tecnológica do IFPB, v. 56. 2021.

SANTOS, Morgana Andrade dos. **Elaboração e avaliação da estabilidade do caldo de cana pasteurizado e refrigerado.** Trabalho de Conclusão de Curso. 2014. (Bacharelado em Engenharia Agroindustrial - Indústrias Alimentícias), Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

SATO, Paloma Mieko. **Regulação do Acúmulo de Sacarose em Cana-de-Açúcar e Análise Funcional de Uma Proteína Quinase Relacionada com o Conteúdo de Sacarose.** Tese apresentada ao Instituto de Química da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências (Bioquímica) são paulo 2012.

SILVA, Heloísa Luciana Marinho da. **Análise da influência do complexo broca-podridão no estágio inicial da cana-de-açúcar.** João Pessoa 2024. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Tecnologia Sucroalcooleira da Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, Sérgio Delmar dos Anjos e et. al. **Sistema de produção de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2016. 247 p. (Sistemas de Produção /Embrapa Clima Temperado, ISSN

1676-7683; 23).

SILVA, João Henrique Barbosa da. et al. **Uso de vinhaça concentrada e enriquecida como biofertilizante na cana-de-açúcar: Uma revisão.** Scientific Electronic Archives. Vol. 16 (2) Fev. 2023.

SIMON, Elis Daiani Timm. **Caracterização genotípica e fenotípica de genótipos de cana-de-açúcar coletados no sul do Brasil.** 2019. Tese. (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

SINGH, Priyanka et al. **Sugarcane blanching at specific temperature and time combination preserves juice physio-biochemical, microbial and sensory attributes.** International Journal of Food Science and Technology 2023, 58, 586–594

LOPES SOBRINHO, Oswaldo Palma et al. **A cultura da cana-de-açúcar (*saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação.** Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR) DOI:10.17765/2176-9168.2019v12n4p1605-1625

RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil. [recurso eletrônico]: perspectivas geográfica, histórica e ambiental.** Uberlândia : EDUFU, 2020. 272 p.: il. ISBN: 978-65-86084-00-9 DOI: 10.14393/EDUFU/978-65-86084-00-9 Livro formato digital. Disponível em: <http://www.edufu.ufu.br>

SOUSA, Bruno Teixeira de; Zucareli, Valdir; MARTINS, Andréia Paula Carneiro. **Quantificação de açúcares totais e auxina no desenvolvimento inicial de minitoletes de cana-de-açúcar.** Colloquium Agrariae, v. 16, n.3, Mai-Jun, 2020, p.94-103

SOUZA, Rafael Barros de. et al. **Mineral Composition of the Sugarcane Juice and Its Influence on the Ethanol Fermentation.** Apple Biochemical Biotechnology. 2015. 175:209–222. DOI: [10.1007/s12010-014-1258-7](https://doi.org/10.1007/s12010-014-1258-7)

SREEDEVI, P. JAYACHANDRAN, L.E. SRINIVASA RAO, P. **Browning and bioactive composition of sugarcane juice (*Saccharum officinarum*) as affected by high hydrostatic pressure processing.** Journal of Food Measurement and Characterization. P. 1962–1971. 2018.

TARAFDAR, Ayon; KAUR, Barjinder Pal. **Microfluidization-Driven Changes in Some Physicochemical Characteristics, Metal/Mineral Composition, and Sensory Attributes of Sugarcane Juice.** Journal of Food Quality Vol. 2021, p. 6. <https://doi.org/10.1155/2021/3326302>

TAIRUM, Rachel Cruz Carvalho. **Aplicabilidade de índices colorimétricos no melhoramento genético da cana-de-açúcar (*saccharum spp*)**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados. Araras. 2020.

UNESP. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. 1ª edição. 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Centro de Ciências Agrárias. Programa de **Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar**. PMGCA. Disponível em: <<http://pmgca.dbv.cca.ufscar.br>>. Acesso em: 5 ago. 2008

VERÍSSIMO, Mário Álvaro Aloísio et al. **Adaptabilidade e estabilidade de genótipos precoces de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v.47, n.4, p.561-568, abr. 2012.

VIANNA, Murilo dos Santos; SENTELHAS, Paulo Cesar. **Simulação do risco de deficit hídrico em regiões de expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil**. Rev. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.49, n.4, p.237-246, abr. 2014. Brasília. DOI: 10.1590/S0100-204X2014000400001

WANG, Bin et al. **Protective effect of sugar cane extract against dextran sulfate sodium-induced colonic inflammation in mice**. Tissue and Cell Volume 49. Feb. 2017, p 8-14

XAVIER, Cícero Gilcélison da Silva et al. **Condições higiênicossanitárias do caldo de cana de açúcar comercializado em Teresina – Piauí**. Pubvet, v.12, n.11, p.1-6, nov. 2018.

XAVIER, William Alves. **Desempenho de variedades de cana-de-açúcar sob efeito residual da calagem**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba. Areia. 2021.

ZAMBLAZI, Rui Carlos. **Análise físico-química de alimentos**. Pelotas: Editora Universitária/ UFPel, 2010. 202p