



**FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA**  
**CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**ANTONIO QUEIROZ RIBEIRO NETO**

**PRODUTIVIDADE E CUSTOS OPERACIONAIS DE DIFERENTES  
PREPAROS DO SOLO PARA A CANA-DE-AÇÚCAR**

**JOÃO PESSOA-PB**  
**2023**

ANTONIO QUEIROZ RIBEIRO NETO

**PRODUTIVIDADE E CUSTOS OPERACIONAIS DE DIFERENTES PREPAROS DO  
SOLO PARA A CANA-DE-AÇÚCAR**

Monografia apresentada à Faculdade  
de Enfermagem Nova Esperança como  
parte dos requisitos exigidos para à  
conclusão do curso de Bacharelado em  
Agronomia

**Orientador:** Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira

JOÃO PESSOA-PB

2023

R37p

Ribeiro Neto, Antonio Queiroz

Produtividade e custos operacionais de diferentes preparos do solo para a cana-de-açúcar / Antonio Queiroz Ribeiro Neto – João Pessoa, 2023.

33f.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. D<sup>o</sup>. Thyago Augusto Medeiros Lira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)  
– Faculdade Nova Esperança - FACENE

1. Despesas Agrícolas. 2. Manejo do Solo. 3. Plantio Convencional. 4. PIMS. 5. Mecanização Agrícola. I. Título.

CDU: 631

ANTONIO QUEIROZ RIBEIRO NETO

**PRODUTIVIDADE E CUSTOS OPERACIONAIS DE DIFERENTES PREPAROS DO  
SOLO PARA A CANA-DE-AÇÚCAR**

Monografia apresentada à Faculdade Nova Esperança como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

João Pessoa, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira - Facene  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Júlio César Rodrigues Martins - Facene  
(Examinador)

---

Prof. Dr. Robson da Silva Ramos- Facene  
(Examinador)

## RESUMO

Ao longo dos anos, estudos correlacionados ao gerenciamento de operações agrícolas para a implantação e condução da cana-de-açúcar, tem sido impulsionada devido a busca de redução de custos das operações mecanizadas e processos produtivos, bem como a potencialização da produtividade das áreas canavieiras. Atrelado a esses fatores, empresas agrícolas têm feito o uso de softwares que viabilizam a gestão e o gerenciamento, o que tem se tornado essenciais para a realização da exploração econômica racional. Neste contexto, trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade e os custos operacionais de diferentes tipos de preparo de solo de para o plantio de cana-de-açúcar. Foi realizado um estudo de caso na Fazenda Novo Horizonte, nas dependências da Usina Giasa, localizada no município de Pedras de Fogo-PB. Em que foram avaliados os custos operacionais envolvidos nos sistemas de preparo do solo da cana-de-açúcar (T1 = Plantio Direto; T2 = subsolagem + Gradagem niveladora + sulcagem; T3 = Aração + gradagem niveladora + Sulcagem e T4 = Subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora + Sulcagem), bem como o efeito dos diferentes tipos de preparo do solo sob a produtividade da cana de açúcar para a safra 2020, 2021 e 2022. Para obtenção dos custos operacionais totais, foram consideradas as variáveis relacionadas aos diferentes tipos de preparo do solo: Salário do operador (R\$ ha<sup>-1</sup>), Equipamento de proteção individual-EPI (R\$ ha<sup>-1</sup>), manutenção (R\$ ha<sup>-1</sup>); Depreciação linear da máquina (R\$ ha<sup>-1</sup>), Depreciação linear do implemento (R\$ ha<sup>-1</sup>) e Combustível (R\$ ha<sup>-1</sup>). Com base nos resultados obtidos, o maior custo de preparo do solo foi com as operações de aração + gradagem niveladora e sulcagem (383,55 R\$ h<sup>-1</sup> e de 916,33 R\$ ha<sup>-1</sup>), porém mostrou-se como melhor relação custo-benefício no período de 2020 a 2022, ao avaliar a produtividade final da cana-de-açúcar.

## ABSTRACT

Over the years, studies related to the management of agricultural operations for the implementation and management of sugarcane have been promoted due to the search for cost reduction in mechanized operations and production processes, as well as the enhancement of productivity in sugarcane áreas. Linked to these factors, agricultural companies have made use of software that enable management and management, which has become essential for carrying out rational economic exploitation. In this context, the objective of this work was to evaluate the productivity and operating costs of different types of soil preparation for sugarcane planting. A case study was carried out at Fazenda Novo Horizonte, on the premises of Usina Giasa, located in the municipality of Pedras de Fogo-PB. In which the operating costs involved in the sugarcane soil preparation systems were evaluated (T1 = Direct planting; T2 = Subsoiling + Leveling harrowing + furrowing; T3 = Plowing + Leveling harrowing + Furrowing and T4 = Subsoiling + heavy harrowing + leveling harrowing + Furrowing), as well as the effect of different types of soil preparation on sugarcane productivity for the 2020, 2021 and 2022 harvest. Soil preparation: Operator salary (R\$ ha<sup>-1</sup>), Equipment individual protection (R\$ ha<sup>-1</sup>), maintenance (R\$ ha<sup>-1</sup>); Linear depreciation of the machine (R\$ ha<sup>-1</sup>), Linear depreciation of the implement (R\$ ha<sup>-1</sup>) and Fuel (R\$ ha<sup>-1</sup>). Based on the results obtained, the highest cost of soil preparation was with the operations of plowing + harrowing and furrowing (383.55 R\$ h<sup>-1</sup> and 916.33 R\$ ha<sup>-1</sup>), but it was shown to be best cost-benefit ratio in the period from 2020 to 2022, when evaluating the final productivity of sugarcane.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Talhão utilizado para implantação e condução do experimento . <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
<b>Figura 2.</b> Croqui da área experimental .....	13
<b>Figura 3.</b> Trator da marca Valtra, modelo BH 180, 4X2 TDA .....	14
<b>Figura 4.</b> Sulcador adubador montado de três linhas da marca DMB Implementos agrícolas .	15
<b>Figura 5.</b> Implementos agrícolas utilizados nas áreas que foram realizadas a operação de subsolagem + gradagem niveladora e subsolagem + gradagem pesada + gradagem nivelador	16
<b>Figura 6.</b> Arado montado de aivecas, da marca Tatu, modelo AAH <sup>2</sup> de quatro aivecas .....	17
<b>Figura 7.</b> Comparativo de custos totais de diferentes tipos de preparo solo em R\$ ha <sup>-1</sup> .....	24
<b>Figura 8.</b> Desempenho TCH entre os anos de 2020, 2021 e 2022. ....	26

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Valor de aquisição de máquinas e implementos agrícolas .....	18
<b>Tabela 2.</b> Variável para cálculo de custo de combustível de acordo com o tipo de operação. .	18
<b>Tabela 3.</b> Tempo total em horas de operações de preparo do solo, para o preparo de um hectare conforme levantamento em campo.....	19
<b>Tabela 4.</b> Custo total do plantio direto, para o plantio da cana-de-açúcar .....	20
<b>Tabela 5.</b> Custo total da subsolagem, gradagem niveladora e sulcamento, para o plantio da cana-de-açúcar .....	21
<b>Tabela 6.</b> Custo total da aração e gradagem niveladora, para o plantio da cana-de-açúcar.....	22
<b>Tabela 7.</b> Custo total da subsolagem, gradagem pesada e gradagem niveladora, para o plantio da cana-de-açúcar.....	23
<b>Tabela 8.</b> Efeito de diferentes tipos de preparo do solo sob a produtividade da cana-de-açúcar .....	25

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
Tipo de estudo utilizado .....	12
Caracterização da área de estudo .....	12
Máquinas e implementos agrícolas utilizados .....	13
Custos operacionais no preparo de solo para plantio da cana-de-açúcar .....	17
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
Custo total dos diferentes tipos de preparo do solo .....	20
Comparativo de custos totais para diferentes tipos de preparo do solo .....	23
Efeito de diferentes tipos de preparo do solo sob a produtividade da cana-de-açúcar em tonelada por hectare ( $t\ ha^{-1}$ ) .....	25
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	28
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	29
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	30



## **PRODUTIVIDADE E CUSTOS OPERACIONAIS DE DIFERENTES PREPAROS DO SOLO PARA A CANA-DE-AÇÚCAR**

### **PRODUCTIVITY AND OPERATING COSTS OF DIFFERENT SOIL PREPARATIONS FOR SUGARCANE**

**RESUMO.** Ao longo dos anos, estudos correlacionados ao gerenciamento de operações agrícolas para a implantação e condução da cana-de-açúcar, tem sido impulsionada devido a busca de redução de custos das operações mecanizadas e processos produtivos, bem como a potencialização da produtividade das áreas canavieiras. Atrelado a esses fatores, empresas agrícolas têm feito o uso de softwares que viabilizam a gestão e o gerenciamento, o que tem se tornado essenciais para a realização da exploração econômica racional. Neste contexto, trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade e os custos operacionais de diferentes tipos de preparo de solo de para o plantio de cana-de-açúcar. Foi realizado um estudo de caso na Fazenda Novo Horizonte, nas dependências da Usina Giasa, localizada no município de Pedras de Fogo-PB. Em que foram avaliados os custos operacionais envolvidos nos sistemas de preparo do solo da cana-de-açúcar (T1 = Plantio Direto; T2 = subsolagem + Gradagem niveladora + sulcagem; T3 = Aração + gradagem niveladora + Sulcagem e T4 = Subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora + Sulcagem), bem como o efeito dos diferentes tipos de preparo do solo sob a produtividade da cana de açúcar para a safra 2020, 2021 e 2022. Para obtenção dos custos operacionais totais, foram consideradas as variáveis relacionadas aos diferentes tipos de preparo do solo: Salário do operador (R\$ ha<sup>-1</sup>), Equipamento de proteção individual-EPI (R\$ ha<sup>-1</sup>), manutenção (R\$ ha<sup>-1</sup>); Depreciação linear da máquina (R\$ ha<sup>-1</sup>), Depreciação linear do implemento (R\$ ha<sup>-1</sup>) e Combustível (R\$ ha<sup>-1</sup>). Com base nos resultados obtidos, o maior custo de preparo do solo foi com as operações de aração + gradagem niveladora e sulcagem (383,55 R\$ h<sup>-1</sup> e de 916,33 R\$ ha<sup>-1</sup>), porém mostrou-se como melhor relação custo-benefício no período de 2020 a 2022, ao avaliar a produtividade final da cana-de-açúcar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Despesas agrícolas, Manejo do solo, Plantio convencional, PIMS, Mecanização agrícola.

**ABSTRACT.** Over the years, studies related to the management of agricultural operations for the implementation and management of sugarcane have been promoted due to the search for cost reduction in mechanized operations and production processes, as well as the enhancement of productivity in sugarcane áreas. Linked to these factors, agricultural companies have made use of software that enable management and management, which has become essential for carrying out rational economic exploitation. In this context, the objective of this work was to evaluate the productivity and operating costs of different types of soil preparation for sugarcane planting. A case study was carried out at Fazenda Novo Horizonte, on the premises of Usina Giasa, located in the municipality of Pedras de Fogo-PB. In which the operating costs involved in the sugarcane soil preparation systems were evaluated (T1 = Direct planting; T2 = Subsoiling + Leveling harrowing + furrowing; T3 = Plowing + Leveling harrowing + Furrowing and T4 = Subsoiling + heavy harrowing + leveling harrowing + Furrowing), as well as the effect of different types of soil preparation on sugarcane productivity for the 2020, 2021 and 2022 harvest. Soil preparation: Operator salary (R\$ ha<sup>-1</sup>), Equipment individual protection (R\$ ha<sup>-1</sup>), maintenance (R\$ ha<sup>-1</sup>); Linear depreciation of the machine (R\$ ha<sup>-1</sup>), Linear depreciation of the implement (R\$ ha<sup>-1</sup>) and Fuel (R\$ ha<sup>-1</sup>). Based on the results obtained, the highest cost of soil preparation was with the operations of plowing + harrowing and furrowing (383.55 R\$ h<sup>-1</sup> and 916.33 R\$ ha<sup>-1</sup>), but it was shown to be best cost-benefit ratio in the period from 2020 to 2022, when evaluating the final productivity of sugarcane.

**KEYWORDS:** Agricultural expenses, Soil management, Conventional planting, PIMS, Agricultural mechanization.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma espécie vegetal da família das Poaceae com grande relevância econômica brasileira. Essa planta está relacionada a produção de açúcar, etanol e outros derivados que juntos compõe a cadeia produtiva gerando emprego e renda no setor do agronegócio. Adaptada ao clima tropical do Brasil, essa cultura consegue expressar todo seu potencial em solos tropicais, favorecendo o seu cultivo e produção. Devido a isso, o setor sucroalcooleiro do país corresponde a 2% do Produto Interno Bruto (PIB) fortalecendo o setor agrícola e agroindustrial. A importância da produção e geração dos derivados da cana-de-açúcar por si confere a sustentação de 4,5 milhões no país. <sup>1,2</sup>

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na safra de 2020/2021, o Brasil produziu cerca de 715,7 milhões de toneladas de cana-de-açúcar em lavouras permanente e temporárias <sup>3</sup>, mostrando o quanto a cultura expressa em termos de produção no país. Na safra de 2022/2023 estimasse que a área de cultivo em todo o país seja de 8.127,7 mil hectares e a produção está avaliada em 572,9 milhões de toneladas, uma

redução em comparação a safra anterior devido a diminuição na área de cultivo e a competição com culturas mais expressivas como milho e soja.<sup>4</sup>

No contexto nacional, a região nordestina apresenta estimativa de produção na safra 2022/23, de 58,3 milhões de toneladas. Esse valor representa aumento de 8,7% em relação a safra anterior que foi de 54,6 milhões de toneladas. A Paraíba contribui com esse aumento, uma vez que avaliando o cenário histórico bianual, na safra de 2020/21 a produção foi de 5,67 milhões de toneladas.<sup>3,4</sup>

O favorecimento do crescimento do setor sucroalcooleiro se deve as boas condições climáticas na região. Entretanto, no estado da Paraíba além dos bons índices pluviométrico do ano, o retorno de cultivo em áreas abandonadas e destinadas a pastagem contribuiu para esses índices. No momento atual, assim como nos últimos anos grande parte do volume acumulado foi destinado a geração de etanol do que ao açúcar. Essa dinâmica é influenciada pelas oscilações de preço do mercado de ambos os produtos.<sup>4</sup>

Em função da expressiva contribuição da cana de açúcar para o mercado agrícola é preciso ter uma visão de ganhos econômicos em função das técnicas de manejo aplicada. O cultivo dessa espécie é de grande impacto nacional e muito se deve ao emprego de técnicas de manejo empregadas desde o plantio a colheita. Um dos fatores mais relevante dentro da condução do cultivo está o manejo de preparo de solo que pode influenciar significativamente a cultura. Por ser uma cultura rentável o cuidado com o planejamento das áreas de produção é essencial. Desde a limpeza e delimitação da área até a colheita, todo o processo deve ser observado para melhor controle dos fatores que atinge a cultura, como pragas, doenças, adubação e irrigação.<sup>5</sup>

No preparo convencional há o revolvimento intenso das camadas de solo, invertendo as leiras e quebrando camadas compactadas e os agregados. Devido a inversão do solo de camadas profundas para a superfície é necessário o uso de maquinários e implementos que favorecem a compactação. Ao final do processo, com a retirada do material vegetal da superfície o solo fica exposto a ação da chuva e do vento favorecendo os processos erosivos. No manejo conservacionista, o solo é muito pouco revirado buscando sempre a manutenção dos agregados por meio do recobrimento do solo com cobertura morta. Está técnica tem o objetivo de proteger o solo e fornece material orgânico para ativação da vida biológica, nutrientes e manutenção da umidade. O uso das metodologias de plantio é utilizado nos canaviais e isso pode influenciar tanto no ganho produtivo como no custo final de preparo.<sup>6,7,8</sup>

É importante destacar, que para a cultura da cana-de-açúcar, estudos e análises direcionadas para o gerenciamento dos fatores de produção, tem se intensificado afim de obter redução de custos dos processos produtivos, para que sejam mais atrativos para composição do preço do produto final. Além disso, as empresas canavieiras buscam a maximização da produtividade das áreas canavieiras, para cada hectare plantado e cultivado, para que se consiga melhor utilização das áreas e dos recursos envolvidos no processo.<sup>9</sup>

Para o planejamento administrativo e operacional, empresas agrícolas têm feito o uso de softwares que viabilizam a gestão e o gerenciamento, o que tem se tornado essenciais para a realização da exploração econômica racional. Softwares como o PIMS “Plant Information Management System” vem sendo utilizados como acompanhamento de custos das operações agrícolas.<sup>10</sup>

O objetivo do PIMS segundo Aranha <sup>11</sup>, é facilitar o fluxo de dados das variadas ilhas de informação e fontes de dados de uma determinada planta industrial, se tornando muito trabalhoso sem a utilização desse software, observando do lado operacional, coletar e agrupar todas as informações. Dessa forma, se torna notório que o levantamento de custos de produção no planejamento agrícola assume importância crescente para a análise de eficiência de produção e de processos específicos. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade e os custos operacionais de diferentes tipos de preparo de solo de para o plantio de cana-de-açúcar.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foi realizado um estudo de caso na Fazenda Novo Horizonte que tem como solo predominante o Argissolo amarelo distrófico de textura arenosa, nas dependências da Usina Giasa, localizada no município de Pedras de Fogo, no estado da Paraíba, nas coordenadas geográficas: 7°23'39"S 34°59'19" W, o qual está situada à 40 km da capital João Pessoa - PB. O clima predominante da região de estudo é o quente e úmido segundo Köppen-Geiger, com temperatura média anual variando de 22 a 32°C e precipitação média anual de 1.600 mm (Figura 1).



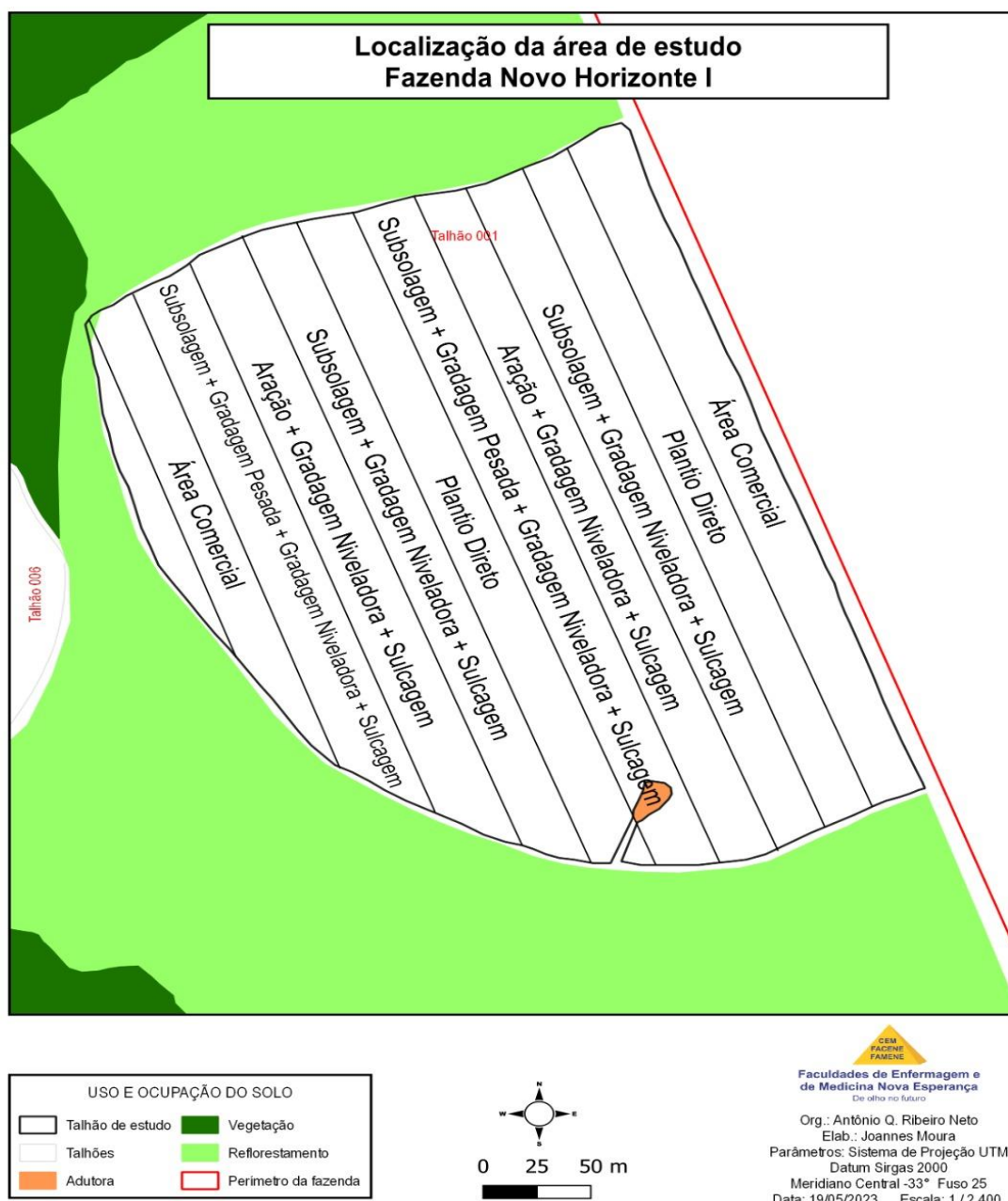
**Figura 1.** Talhão utilizado para implantação e condução do experimento. Fonte: Google Earth <sup>12</sup>

### **Tipo de estudo utilizado**

A pesquisa foi caracterizada, quanto aos seus objetivos como exploratória, e quanto aos procedimentos técnicos adotados e à forma de dados, é delimitada como um estudo de caso <sup>13</sup>. No estudo, foi considerado os custos operacionais envolvidos nos sistemas de preparo do solo da cana-de-açúcar (T1 = Plantio Direto; T2 = subsolagem + Gradagem niveladora + sulcagem; T3 = Aração + gradagem niveladora + Sulcagem e T4 = Subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora + Sulcagem), bem como o efeito dos diferentes tipos de preparo do solo sob a produtividade da cana de açúcar para a safra 2020, 2021 e 2022.

### **Caracterização da área de estudo**

A área analisada possuía dimensão de 10 hectares, em que foram realizados diferentes tipos de preparo de solo no local. Os preparos de solo avaliados foram: T1 = Plantio Direto; T2 = subsolagem + Gradagem niveladora + sulcagem; T3 = Aração + gradagem niveladora + Sulcagem e T4 = Subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora + Sulcagem. Destaca-se que cada área destinada aos tratamentos foi composta por 1 hectare aproximadamente, conforme demonstrado na Figura 2.



**Figura 2.** Croqui da área experimental. Fonte: Autoria própria.

### Máquinas e implementos agrícolas utilizados

Para as operações de preparo do solo realizadas no estudo, afim de tracionar os implementos agrícolas, foi utilizado um trator da marca Valtra, modelo BH 180, 4X2, com tração dianteira auxiliar (TDA), com potência máxima no motor de 132,4 kW de potência (180 cv) à rotação de 2.300 rpm, equipado com turbo compressor e *intercooler* (Figura 3).



**Figura 3.** Trator da marca Valtra, modelo BH 180, 4X2 TDA. Fonte: Valtra <sup>14</sup>.

Na área em que foi realizado o Plantio direto foi utilizado um sulcador adubador montado de três linhas da marca DMB Implementos agrícolas®, afim de proporcionar a abertura de sulcos para o plantio da cana-de-açúcar, espaçados 1,40 metros, na profundidade de 25 Centímetros. O implemento é composto por chassi com cabeçalho contendo três pontos para o acoplamento ao SHTP do trator, três elementos sulcadores tipo beija-flor, com regulagem de espaçamento que fazem a sulcação de três linhas simultâneas e três sistemas de adubação, tipo caixa individual de polietileno com capacidade para 370 litros cada uma que distribuem o adubo através de rosca sem fim de aço inoxidável (Figura 4).





**Figura 4.** Sulcador adubador montado de três linhas da marca DMB Implementos agrícolas®. Fonte: <sup>15</sup>

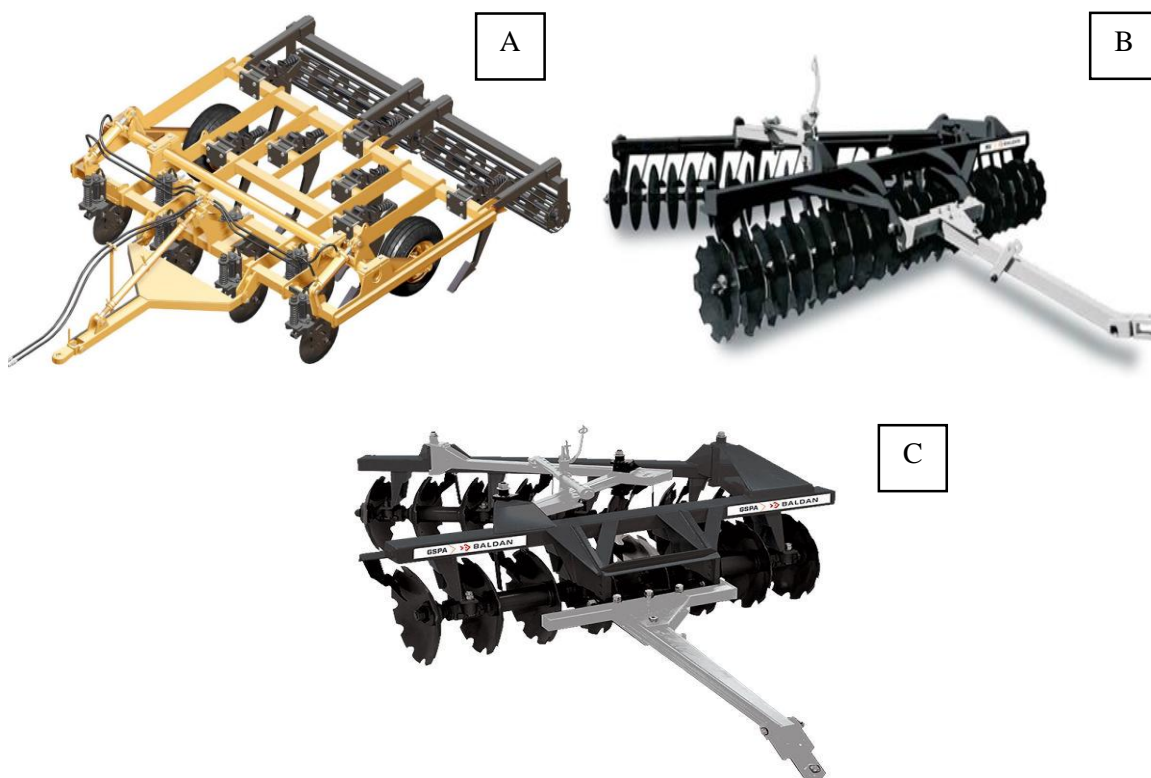
Para a operação da subsolagem + gradagem niveladora + sucagem, foi utilizado um subsolador de arasto, marca Civemasa modelo STAC P500 de cinco hastes, espaçadas 42 cm uma da outra e com ponteiros de 7 cm de largura, trabalhando a uma profundidade de 40 cm. Após a subsolagem foi realizada uma gradagem niveladora com uma grade de arasto da marca Baldan, modelo NV de 18 discos, e em seguida sulcador adubador montado de três linhas da marca DMB Implementos agrícolas®, afim de proporcionar a abertura de sulcos para o plantio da cana-de-açúcar, espaçados 1,40 metros, na profundidade de 25 Centímetros (Figura 4 e 5 a,b).

Na área que foram realizadas a operação de subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora e sulcagem, foi utilizado um subsolador de arasto, marca Civemasa modelo STAC P500 de cinco hastes, espaçadas 42 cm uma da outra e com ponteiros de 7 cm de largura, trabalhando a uma profundidade de 50 cm.

Após a subsolagem realizou-se uma gradagem pesadas, com grade pesada de arasto de dupla ação do tipo off set, marca Baldan, modelo GSPA. Constituída com duas seções contendo 16 discos recortados com 20" de diâmetro cada e distância entre discos de 270 mm. A regulagem foi estabelecida para trabalhar com a profundidade média de trabalho de 15 a 25 cm. Após a gradagem pesada, efetuou-se duas gradagens niveladoras com grade niveladora de arasto da marca Baldan, modelo NV de 18 discos de 30", trabalhando a uma profundidade de 20 cm (Figura 5 a, b,c).



Após a gradagem pesada, foi realizada a sulcagem com sulcador adubador montado de três linhas da marca DMB Implementos agrícolas®, afim de proporcionar a abertura de sulcos para o plantio da cana-de-açúcar, espaçados 1,40 metros, na profundidade de 25 Centímetros (Figura 4).



**Figura 5.** Implementos agrícolas utilizados nas áreas que foram realizadas a operação de subsolagem + gradagem niveladora e subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora. A) Subsolador de arasto, marca Civemasa modelo STAC P500 de cinco hastes; B) Grade niveladora de arasto da marca Baldan, modelo NV; C) Grade pesada de arasto de dupla ação do tipo off set, marca Baldan, modelo GSPA. Fonte: <sup>16,17</sup>.

Para as áreas com a operação de aração + gradagem niveladora + sulcagem, foi utilizado para aração um arado montado de aivecas, da marca Tatu modelo AAH<sup>2</sup> de quatro aivecas. Realizou-se uma aração, em que a regulagem foi estabelecida para trabalhar com a profundidade média de trabalho de 40 cm (Figura 6). Após aração, foi realizada duas gradagens niveladoras com a grade niveladora de arrasto da marca Baldan, modelo NV de 18 discos de 30", trabalhando a profundidade de 20 cm (Figura 5b). Em seguida realizou-se uma sulcagem com sulcador adubador montado de três linhas da marca DMB Implementos agrícolas®, afim de proporcionar a abertura de sulcos para o plantio da cana-de-açúcar, espaçados 1,40 metros, na profundidade de 25 Centímetros (Figura 4).



**Figura 6.** Arado montado de aivecas, da marca Tatu, modelo AAH<sup>2</sup> de quatro aivecas.  
Fonte: <sup>18</sup>

### **Custos operacionais no preparo de solo para plantio da cana-de-açúcar**

O trabalho foi dividido em três etapas. Na primeira etapa, foram realizados os preparos de solo na área experimental (T1 = Plantio direto; T2 = subsolagem + gradagem niveladora + sulcagem; T3 = aração + gradagem niveladora + sulcagem; T4 = subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora + sulcagem). Para cada operação realizada com máquinas e implementos agrícolas, foram obtidos em campo, dados/boletins (hora máquina trabalhada; abastecimentos e manutenções) cada operação mecanizada. Posteriormente, os dados foram lançados no software Mega Agrícola (software utilizado pela empresa para gerenciamento operacional) para cálculo e obtenção custos operacionais de diferentes tipos de preparo do solo para a implantação da cultura da cana-de-açúcar.

Para obtenção dos custos operacionais totais, foram consideradas as variáveis relacionadas aos diferentes tipos de preparo do solo: Salário do operador (R\$ ha<sup>-1</sup>), Equipamento de proteção individual-EPI (R\$ ha<sup>-1</sup>), manutenção (R\$ ha<sup>-1</sup>); Depreciação linear da máquina (R\$ ha<sup>-1</sup>), Depreciação linear do implemento (R\$ ha<sup>-1</sup>) e Combustível (R\$ ha<sup>-1</sup>).

As variáveis salário do operador (R\$ ha<sup>-1</sup>), Equipamento de proteção individual-EPI (R\$ ha<sup>-1</sup>) e manutenção (R\$ ha<sup>-1</sup>), foram calculadas no software PIMS C/S (*Plant Information Management System*), que é utilizado pela a empresa, para que possa ser

realizado o acompanhamento de custos das operações agrícolas. Já para as variáveis custo da depreciação linear da máquina (R\$ ha<sup>-1</sup>) e depreciação linear do implemento (R\$ ha<sup>-1</sup>), foi obtido utilizando-se o método da depreciação linear (Equação 01).

$$Dp = \frac{Vi - Vr}{Vu} \quad \text{Equação 01}$$

Em que,

Dp = depreciação linear da máquina/implemento (R\$ h<sup>-1</sup>)

Vi = valor inicial da máquina/implemento (R\$)

Vr = valor residual (R\$)

Vu = vida útil (h)

Para o cálculo, foi considerado o valor de aquisição para o trator BH 180, com valor residual de 10% do valor inicial, após 10.000 h de uso. Para os implementos agrícolas, foi considerado individualmente o valor de aquisição e o valor residual, baseado na vida útil (Tabela 1).<sup>19,20</sup>

**Tabela 1.** Valor de aquisição de máquinas e implementos agrícolas. Fazenda Novo Horizonte, Pedras de Fogo-PB, Brasil.

Item	Ano de aquisição	Valores de aquisição R\$	Vida útil em h	Vida útil em anos
Trator Valtra BH 180	2015	468.000,00	10.000	10
Arado de Aivecas	2015	8.000,00	2.000	5
Grade Niveladora	2017	26.000,00	2.000	5
Grade Pesada	2017	32.000,00	2.000	5
Subsolador	2017	58.000,00	2.000	5
Sulcador	2015	8.000,00	2.000	5

O custo com combustível em R\$ h<sup>-1</sup>, foi calculado de acordo com a tomada de potência do trator<sup>21</sup> e tipo de operação (Tabela 2) (Equação 02).

**Tabela 2.** Variável para cálculo de custo de combustível de acordo com o tipo de operação.

Operação	Tipo de operação	Valor utilizado
Sulcagem para plantio direto	pesada	0,25
Sulcagem	pesada	0,25
Gradagem niveladora	leve	0,15
Gradagem pesada	intermediária	0,20
Subsolagem	pesada	0,25
Aração	pesada	0,25

$$CC = (0,15 \text{ a } 0,25) \times Ptdp \times Vc$$

Equação 02

Em que;

$Cc$  = custo de combustível (R\$ h<sup>-1</sup>)

$Ptdp$  = potência máxima disponível na tomada de potência (cv)

$Vc$  = valor do combustível (R\$ L<sup>-1</sup>)

O valor de combustível Diesel, utilizado foi o praticado nos postos de combustível da região, à época de realização do trabalho, ou seja R\$ 4,16 L<sup>-1</sup>.

Para o custo com combustível em R\$ ha<sup>-1</sup>, foi utilizado o valor do custo de combustível em R\$ h<sup>-1</sup> de cada operação de preparo do solo, levando-se em consideração o tempo em horas para a realização da operação para um hectare conforme Tabela 3. (Equação 03).

**Tabela 3.** Tempo total em horas de operações de preparo do solo, para o preparo de um hectare conforme levantamento em campo.

Operação	Tempo (h)
Sulcagem para plantio direto	1,24
Sulcagem	0,99
Gradagem niveladora	0,47
Gradagem pesada	0,48
Subsolagem	0,99
Aração	2,39

$$Ct = CC \times Ptdp \times Vc$$

Equação 03

Em que;

$Ct$  = custo combustível total (R\$ ha<sup>-1</sup>)

$CC$  = custo de combustível (R\$ h<sup>-1</sup>)

$T$  = tempo em horas da operação agrícola (h)

A segunda etapa do estudo, foi realizado o levantamento de dados calculados de produtividade da cana-de-açúcar, no software foram calculadas no software PIMS C/S (*Plant Information Management System*), nos anos de 2020, 2021 e 2022. Ressaltasse que esses dados foram correlacionados com cada tipo de preparo do solo avaliado no estudo, para o plantio da cana-de-açúcar. A terceira etapa, consistiu em levantamento bibliográfico por caráter exploratório, investigativo e comparativo com estudos que apontam custos no preparo do solo para o plantio da cana-de-açúcar, e efeito do preparo do solo sob produtividade da cana-de-açúcar. Em seguida, foi feita a análise descritiva e comparativa

referente ao custo operacional para cada preparo mecanizado do solo para implantação da cultura da cana-de-açúcar.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Custo total dos diferentes tipos de preparo do solo

Ao avaliar o custo dos diferentes tipos de preparos do solo avaliados no estudo (Plantio direto; subsolagem + gradagem niveladora + sulcamento; aração + gradagem niveladora + sulcamento e subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora +sulcamento), verificou-se que para o plantio direto o custo total foi 164,11 R\$ h<sup>-1</sup>. Como o tempo total do plantio direto, foi de 1,24 h, o custo por hectare foi de R\$ 189,33 R\$ ha<sup>-1</sup> (Tabela 4).

**Tabela 4.** Custo total do plantio direto, para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Novo Horizonte/Usina Giasa, Pedras de Fogo-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2020/2021.

Variável	Valores	
	R\$ h <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>
Salário do operador	15,25	18,91*
Equipamento de proteção individual -EPI	0,30	0,37*
Depreciação linear - Trator Valtra, modelo BH 180, 4X2 TDA.	42,12	52,22*
Depreciação linear - sulcador adubador montado de três linhas	3,60	4,46*
Combustível	93,60	101,92*
Manutenção e lubrificantes	9,24	11,45*
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>164,11</b>	<b>189,33</b>

\*Conforme levantado na propriedade o tempo total utilizado para o preparo do solo foi de 1,24 horas.

Ao avaliar a tabela 4, verifica-se que dentre as variáveis que foram levadas em consideração para o custo total do plantio direto, o combustível apresentou participação sob o custo total da operação de 53,88%, seguido da depreciação linear do Trator Valtra (modelo BH 180) com 27,58%, salário do operador (9,98%), manutenção e lubrificantes (6,04%), depreciação linear do sulcador adubador montado de três linhas (2,35%) e equipamento de proteção individual –EPI (0,17%).

Para a área em que foi realizada a subsolagem: gradagem niveladora e sulcagem o custo total obtido foi de 356,74 R\$ h<sup>-1</sup>. Como o tempo total para a realização da subsolagem (0,99 h), gradagem niveladora (0,47 h) e sulcamento (0,99), foi de 2,43 h, o custo por hectare foi de R\$ 560,17 R\$ ha<sup>-1</sup> (Tabela 5).

**Tabela 5.** Custo total da subsolagem, gradagem niveladora e sulcamento, para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Novo Horizonte/Usina Giasa, Pedras de Fogo-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2020/2021.

Variável	Valores	
	R\$ h <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>
Salário do operador	29,88	72,60*
Equipamento de proteção individual -EPI	0,59	1,43*
Depreciação linear - Trator Valtra, modelo BH 180, 4X2 TDA.	42,12	102,35*
Depreciação linear - Subsolador de arasto de cinco hastes	26,10	63,42*
Depreciação linear – Grade niveladora de arasto	11,70	28,43*
Depreciação linear - sulcador adubador montado de três linhas	3,60	8,74*
Combustível	224,64	239,20**
Manutenção e lubrificantes	18,11	44,00*
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>356,74</b>	<b>560,17</b>

\*Conforme levantado na propriedade o tempo total utilizado para o preparo do solo foi de 2,43 horas. \*\* Para o cálculo do custo de combustível, foi levado em consideração o rendimento operacional de cada operação em campo e o tempo total em horas para o preparo de um hectare.

Na tabela 5, verifica-se que a variável combustível apresentou a maior participação sob os custos totais do preparo do solo (42,70%), seguido da depreciação linear do Trator Valtra (modelo BH 180) com 18,27%, salário do operador (12,96%), depreciação linear do subsolador de arasto de cinco hastes (11,32%), manutenção e lubrificantes (7,85%), Depreciação linear – Grade niveladora de arasto (5,08%), depreciação linear do sulcador adubador montado de três linhas (1,56%) e equipamento de proteção individual –EPI (0,26%).

No preparo do solo em que foram realizadas a aração, gradagem niveladora e sulcagem o custo total obtido foi de 383,55 R\$ h<sup>-1</sup>. Como o tempo total para a realização da aração (2,39 h), gradagem niveladora (0,47 h) e sulcagem (0,99 h), foi de 3,96 h, o custo por hectare foi 916,33 R\$ ha<sup>-1</sup> (Tabela 6).

**Tabela 6.** Custo total da aração e gradagem niveladora, para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Novo Horizonte/Usina Giasa, Pedras de Fogo-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2020/2021.

Variável	Valores	
	R\$ h <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>
Salário do operador	48,69	192,81*
Equipamento de proteção individual -EPI	0,96	3,80*
Depreciação linear - Trator Valtra, modelo BH 180, 4X2 TDA.	42,12	166,79*
Depreciação linear – Arado montado de aivecas	3,60	14,25*
Depreciação linear – Grade niveladora de arasto	11,70	46,33*
Depreciação linear - sulcador adubador montado de três linhas	3,60	14,25*
Combustível	243,36	361,21**
Manutenção e lubrificantes	29,52	116,89*
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>383,55</b>	<b>916,33</b>

\*Conforme levantado na propriedade o tempo total utilizado para o preparo do solo foi de 3,96 horas. \*\* Para o cálculo do custo de combustível, foi levado em consideração o rendimento operacional de cada operação em campo e o tempo total em horas para o preparo de um hectare.

Na tabela 6, nota-se o mesmo comportamento das variáveis apresentadas na tabela 1 e 2, em que a variável combustível representa a mais dispendiosa sob o custo total da operação de aração e gradeamento de nivelção (39,42%), seguido da depreciação linear do Trator Valtra (modelo BH 180) com 18,20%, salário do operador (21,04%), manutenção e lubrificantes (12,76%), depreciação linear – Grade niveladora de arasto (5,06%), depreciação linear – Arado montado de aivecas (1,56%), depreciação linear do sulcador adubador montado de três linhas (1,55%) e equipamento de proteção individual –EPI (0,41%).

O preparo do solo em que foram realizadas a subsolagem, gradagem pesada, gradagem niveladora e sulcagem, o custo total obtido foi de R\$ 477,30 R\$ h<sup>-1</sup>. Como o tempo total para a realização da subsolagem (0,99 h), gradagem pesada (0,48 h), gradagem niveladora (0,47 h), foi de 2,59 h, o custo por hectare foi de R\$ 707,03 ha<sup>-1</sup> (Tabela 7).

**Tabela 7.** Custo total da subsolagem, gradagem pesada e gradagem niveladora, para o plantio da cana-de-açúcar. Fazenda Novo Horizonte/Usina Giasa, Pedras de Fogo-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2020/2021.

Variável	Valores	
	R\$ h <sup>-1</sup>	R\$ ha <sup>-1</sup>
Salário do operador	31,85	82,49*
Equipamento de proteção individual -EPI	0,63	1,64*
Depreciação linear - Trator Valtra, modelo BH 180, 4X2 TDA.	42,12	109,09*
Depreciação linear - Subsolador de arasto de cinco hastes	26,10	67,60*
Depreciação linear – Grade pesada de arasto de dupla ação	14,40	37,29*
Depreciação linear – Grade niveladora de arasto	11,70	30,30*
Depreciação linear - sulcador adubador montado de três linhas	3,60	9,32*
Combustível	327,60	319,31**
Manutenção e lubrificantes	19,3	49,99*
<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>477,30</b>	<b>707,03</b>

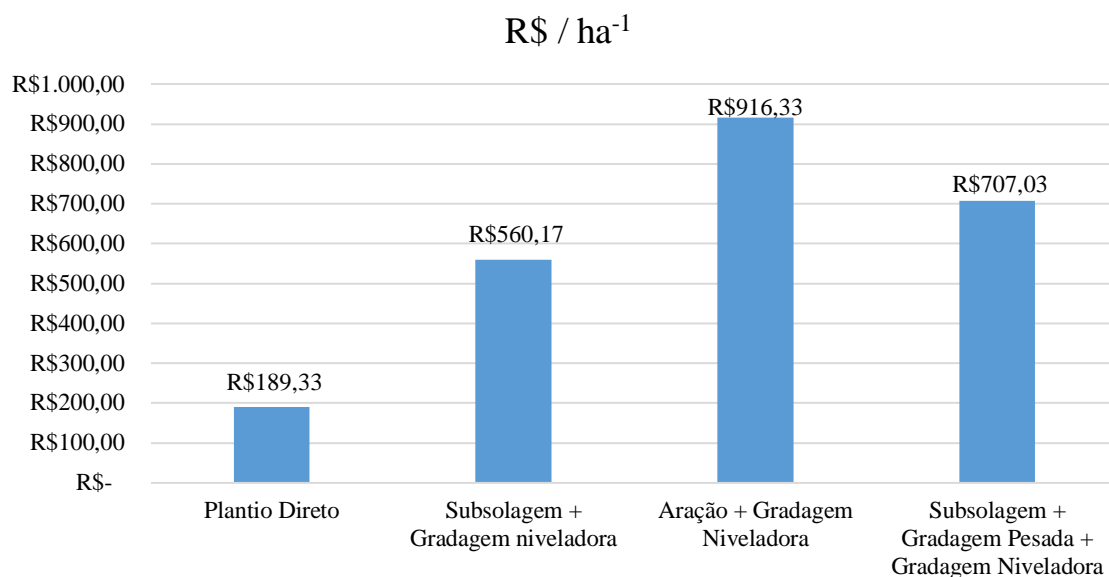
\*Conforme levantado na propriedade o tempo total utilizado para o preparo do solo foi de 2,59 horas. \*\* Para o cálculo do custo de combustível, foi levado em consideração o rendimento operacional de cada operação em campo e o tempo total em horas para o preparo de um hectare.

Verificando-se a tabela 7, observa-se que a variável combustível representou 45,16%, seguido da depreciação linear do Trator Valtra, modelo BH 180 (15,43%), Salário do operador (11,67), Depreciação linear - Subsolador de arasto de cinco hastes (9,56%), Manutenção e lubrificantes (7,07%), depreciação linear da grade pesada de arasto de dupla ação (5,27%), depreciação linear – Grade niveladora de arasto (4,29%), depreciação linear do sulcador adubador montado de três linhas (1,32%) e equipamento de proteção individual –EPI (0,23%).

### Comparativo de custos totais para diferentes tipos de preparo do solo

Ao avaliar os custos totais de cada tipo de preparo de solo avaliado no estudo (Plantio direto; subsolagem + gradagem niveladora + sulcagem; aração + gradagem niveladora + sulcagem; subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora + sulcagem), verifica-se que o preparo do solo com as operações de Aração + Gradagem niveladora + sulcagem é o mais oneroso ficando com o custo de 916,33 R\$ ha<sup>-1</sup>, seguido do preparo do solo com as operações subsolagem + Gradagem pesada + gradagem niveladora + sulcamento que tem custo de 707,03 R\$ ha<sup>-1</sup>, em seguida o preparo do solo com as operações de Subsolagem + gradagem niveladora + sulcagem com custo total de 560,17 R\$ ha<sup>-1</sup>, por fim o preparo do solo com a operação de plantio direto mostrou-se com menor custo operacional (189,33 R\$ ha<sup>-1</sup>) (Figura 7).





**Figura 7.** Comparativo de custos totais de diferentes tipos de preparo solo em R\$ ha<sup>-1</sup>. \*T1 = Plantio direto; T2=subsolação + gradagem niveladora + sulcagem; T3 = aração + gradagem niveladora + sulcagem; T4 = subsolação + gradagem pesada + gradagem niveladora + sulcagem.

O consumo de combustível do trator agrícola engloba um dos custos mais elevados nas operações agrícolas sendo que o total consumido está diretamente ligado a fatores como a adequação e condição do conjunto trator-equipamento, profundidade da operação, tipo e condição de solo, número total de operações utilizadas no processo de preparação do solo dentre outros<sup>22</sup>. Os custos com combustível continuam sendo um problema mundial na agricultura mecanizada, levando pesquisadores a desenvolver novos métodos de sistemas de cultivos que minimizem o uso de combustíveis<sup>23</sup>.

Em estudo realizado por Fernandes<sup>24</sup>, ao avaliar o consumo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas, concluíram que os sistemas com menos operações por hectare, obtiveram menor consumo de combustível, destacando o plantio direto, seguido do cultivo mínimo com gradagem leve, vibro escarificador e o preparo convencional, que dentre os sistemas estudados teve o pior desempenho.

É importante destacar cada operação mecanizada de preparo do solo, demanda diferentes potências do motor do trator. Operações agrícolas que trabalham em maiores profundidades, ao caso da subsolação, aração e gradagem pesada podem haver maior necessidade de potência requerida no motor do trator, devido à resistência de cada implemento durante a penetração no solo<sup>25</sup>. A potência é produto da força de tração pela

velocidade, sendo coerente com aumento de força ou velocidade o aumento na potência requerida <sup>26</sup>.

### **Efeito de diferentes tipos de preparo do solo sob a produtividade da cana-de-açúcar em tonelada por hectare (t ha<sup>-1</sup>)**

Verificando-se a Tabela 8, observa-se que o preparo do solo com as operações de Aração + Gradagem Niveladora + Sulcagem apresentou a melhor média de tonelada de cana-de-açúcar por hectare (73,40 t ha<sup>-1</sup>) entre os anos de 2020 à 2022, seguido pelo preparo com as operações de Subsolação + Gradagem Pesada + Gradagem Niveladora + sulcagem com média de 67,06 t ha<sup>-1</sup>, em terceiro vem o preparo com as operações Subsolação + Gradagem niveladora + sulcagem com 64,20 t ha<sup>-1</sup> e o que teve o menor médio entre os quatro foi o preparo com as operações de plantio direto que ficou média de 52,65 t ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 8.** Efeito de diferentes tipos de preparo do solo sob a produtividade da cana-de-açúcar. Fazenda Novo Horizonte/Usina Giasa, Pedras de Fogo-PB, Brasil. Dados Ano agrícola 2020, 2021 e 2022.

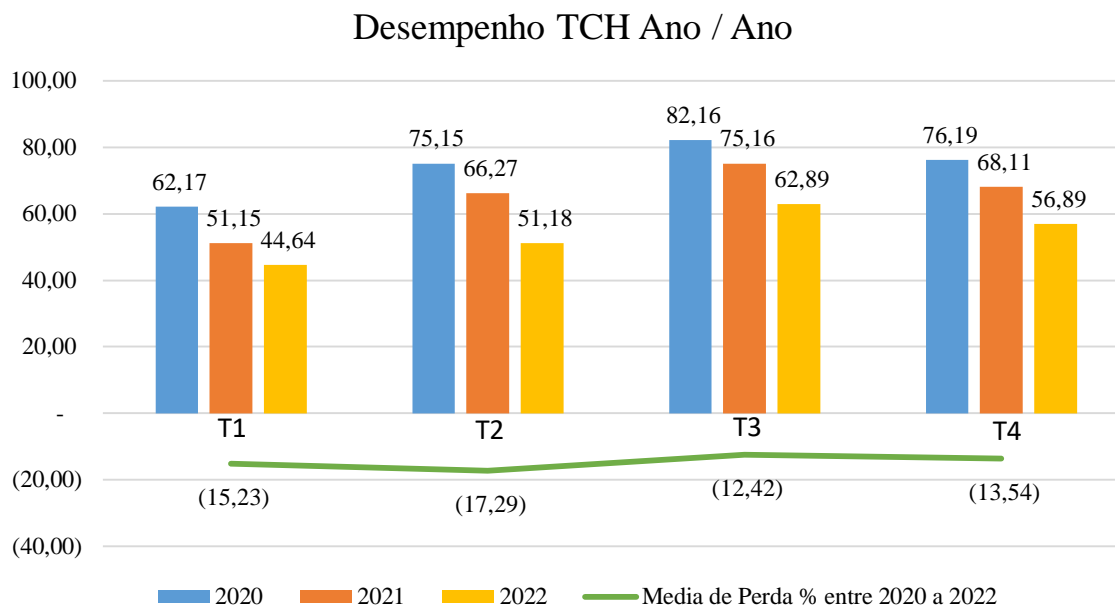
Tipos de preparo do solo	Ano agrícola						Média TCH t ha <sup>-1</sup>
	2020		2021		2022		
	TCH t ha <sup>-1</sup>	%	TCH t ha <sup>-1</sup>	%	TCH t ha <sup>-1</sup>	%	
Plantio Direto	62,17	0,00	51,15	0,00	44,64	0,00	52,65
Subsolação + Gradagem niveladora + sulcagem	75,15	20,88	66,27	29,56	51,18	14,65	64,20
Aração + Gradagem Niveladora + sulcagem	82,16	32,15	75,16	46,94	62,89	40,88	73,40
Subsolação + Gradagem Pesada + Gradagem Niveladora + sulcagem	76,19	22,55	68,11	33,16	56,89	27,44	67,06

\*TCH = tonelada de cana-de-açúcar por hectare.

De acordo com Christofolletti <sup>27</sup> os parâmetros mais importantes para estimar a produtividade dos canaviais são; O açúcar Total Recuperável (ATR), Tonelada de Cana por Hectare (TCH), Total de Açúcar produzido por Hectare (TAH) e número de colmos por metro. Destaca-se que um dos fatores dentro da condução do cultivo da cana-de-açúcar = está o manejo de preparo de solo que pode influenciar significativamente a cultura.

Observando o desempenho em TCH (tonelada de cana-de-açúcar por hectare) entre os anos agrícolas de 2020, 2021 e 2022 de cada tipo de do preparo do solo (Figura 8), pode-se afirmar que o preparo que apresentou melhores resultados de rendimento agrícola em t ha<sup>-1</sup>, foi o preparo com as operações de Aração + Gradagem niveladora + sulcagem, em que apresentou menor queda (12,42 %) de rendimento entre os anos de 2020, 2021 e 2022. Em seguida o preparo do solo com subsolação + Gradagem pesada + Gradagem niveladora e sulcagem apresentou média de redução de 13,54 % ao longo dos três anos, em seguida o

preparo com plantio direto que teve queda média de 15,23 % e por fim o preparo do solo que apresentou a maior queda em relação ao TCH, foi o com as operações de Subsolagem + Gradagem niveladora + sulcagem, em que apresentou queda de 17,29% no mesmo período.

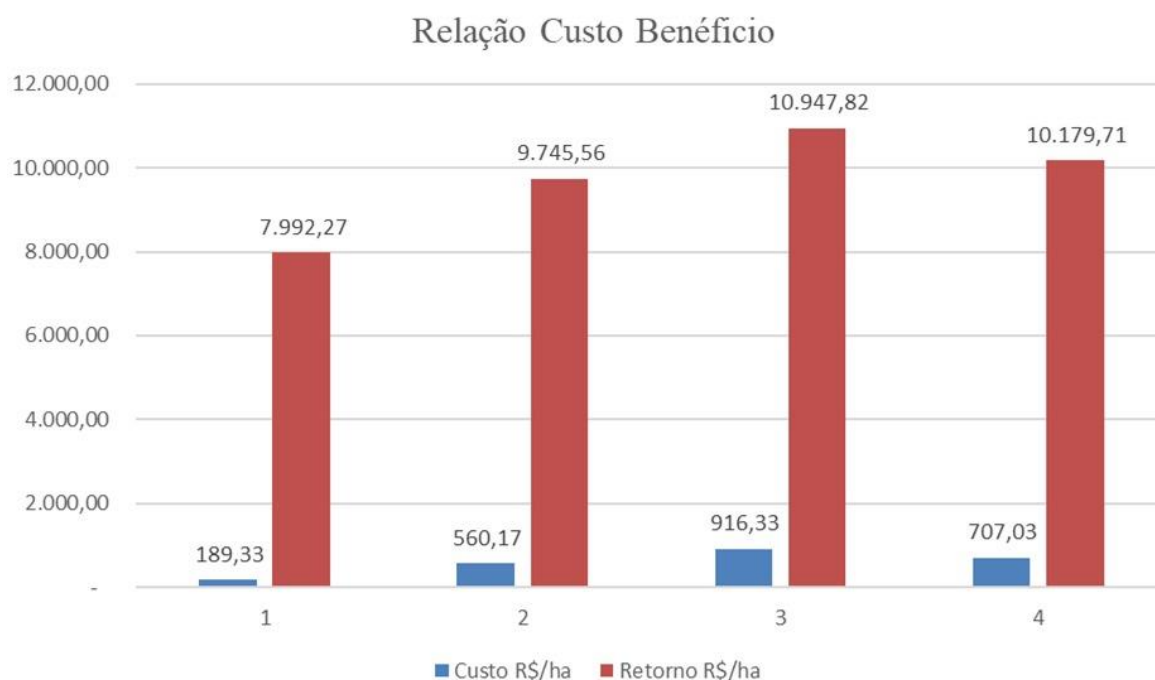


**Figura 8.** Desempenho TCH entre os anos de 2020, 2021 e 2022. \*T1 = Plantio direto; T2=subsolagem + gradagem niveladora + sulcagem; T3 = aração + gradagem niveladora + sulcagem; T4 = subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora + sulcagem.

Os dados apresentados, corroboram com os resultados apresentados por André<sup>28</sup>, ao avaliar diferentes tipos de preparo do solo sob a produtividade da cana-de-açúcar, verificou que houve efeito significativo apenas quanto a produtividade, em função do uso de diferentes sistemas de preparo de solo, porém o cultivo mínimo apresentou a menor produtividade. Tal fato pode ser explicado pela ausência quase que completa do preparo por longo tempo, o que reduz a porosidade (principalmente macroporos) e eleva a densidade do solo<sup>29</sup>.

Ao avaliar o comparativos e custo operacionais de diferentes tipos de preparo do solo (Figura 7) e o desempenho da cultura (cana-de-açúcar) ao longo do período avaliado (2020, 2021 e 2022) (Figura 8), pode-se afirmar conforme dados apresentados na figura 9, que para a cultura de cana-de-açúcar (variedade RB 867515), nas condições de solo e clima apresentados no estudo, o preparo do solo com as operações de aração + gradagem niveladora + sulcagem mostrou-se mais viável economicamente, com apresentação de melhor relação custo benefício, seguido do preparo do solo com as operações de subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora + sulcagem; o preparo com as operações de

subsolagem + gradagem + sulcagem e por fim o preparo com plantio direto se mostrou menos viável economicamente em relação aos demais tipos de preparo do solo.



**Figura 9.** Relação Custo x Benefício, de diferentes tipos de preparo do solo sob a produção de cana-de-açúcar. \*T1 = Plantio direto; T2 = subsolagem + gradagem niveladora + sulcagem; T3 = aração + gradagem niveladora + sulcagem; T4 = subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora + sulcagem.

Na agricultura brasileira, a mecanização agrícola é considerada como o principal fator para a redução dos custos de produção, por meio de um planejamento operacional adequado, podem resultar em uma melhoria da eficiência.<sup>30</sup> A diminuição dos custos no setor sucroalcooleiro auxiliam nos preços finais e na melhoria da produção de açúcar e etanol, aumentando a competitividade brasileira em uma importante *commodity* no âmbito internacional e favorecendo o fortalecimento do mercado interno no ramo de açúcar.<sup>31</sup>

O preparo de solo para implantação do canavial representa uma etapa crucial para a longevidade da cultura, considerando que este só será revolvido novamente, após o quinto ou sexto corte, conforme a variedade.<sup>32</sup>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O custo total para a operação de plantio direto foi de 164,11R\$ h<sup>-1</sup> e 189,33R\$ ha<sup>-1</sup>, para operações com subsolagem + gradagem niveladora e sulcagem de 356,74 R\$ h<sup>-1</sup> e de 560,17 R\$ ha<sup>-1</sup>, para a aração + gradagem niveladora e sulcagem o custo total foi de 383,55 R\$ h<sup>-1</sup> e de 916,33 R\$ ha<sup>-1</sup> e o preparo com as operações de subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora e sulcagem o custo total foi de 477,30 h<sup>-1</sup> e de 707,03 ha<sup>-1</sup>.

O rendimento médio de TCH entre os anos de 2020 a 2022 do plantio direto foi de 62,65, já o do preparo com as operações de subsolagem + gradagem niveladora e sulcagem foi de 64,20, enquanto o preparo com as operações de aração + gradagem niveladora e sulcagem foi de 72,12 e o preparo do solo com as operações de subsolagem + gradagem pesada + gradagem niveladora e sulcagem ficou com 67,06.

Apesar dos custos de preparo do solo com as operações de aração + gradagem niveladora e sulcagem terem se mostrado mais onerosas em R\$ ha<sup>-1</sup>, mostrou-se como melhor relação custo-benefício no período de 2020 a 2022, ao avaliar a produtividade final da cana-de-açúcar.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que sempre iluminou meus caminhos e me deu forças para seguir em frente nos momentos mais difíceis.

A minha família que sempre foi e será minha maior inspiração e base para tudo.

À Faculdade de Enfermagem Nova Esperança e aos professores pelo comprometimento.

Ao meu orientador e Professor, Dr. Thyago Augusto Medeiros Lira, pela pessoa e profissional, sempre buscando oferecer o melhor para esse trabalho e me orientando em todas as fases dessa pesquisa. Agradeço por ser mais que orientador, ser um amigo, e pela paciência em fases difíceis dessa caminhada.

Ao grupo Olho D'água por todo suporte e apoio para a realização deste trabalho.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho e para a minha formação profissional.

## REFERÊNCIAS

1. Mata, JF. **Ecofisiologia da cultura da cana-de-açúcar**. 2018. Disponível em: <[http://eduemg.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo\\_2018/Ecofisiologia/2018\\_Ecofisiologia\\_cap9.pdf](http://eduemg.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo_2018/Ecofisiologia/2018_Ecofisiologia_cap9.pdf)>. Acesso em: 10 de abril. 2023.
2. Geraldeli, AL.; **Manejo de *Cyperus rotundus* L. em cana-de-açúcar no sistema de mudas pré-brotadas (MPB)**. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Fitotecnia). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2019. 93 p.
3. IBGE – Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. **Quantidade produzida em toneladas de cana-de-açúcar no Brasil em 2021**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5457#resultado> acesso em: 10 de abril. 2022.
4. CONAB. Companhia Nacional De Abastecimento. **Cana-de-açúcar: levantamento safra 2022/23**. Disponível em: <[file:///C:/Users/DJAM/Downloads/E-book\\_Boletim-de-Safra-Cana-2o-lev-2022-compactado.pdf](file:///C:/Users/DJAM/Downloads/E-book_Boletim-de-Safra-Cana-2o-lev-2022-compactado.pdf)> acesso em: 11 de abril 2023.
5. Arcoverde, SNS. **Atributos físicos e desempenho de cultivares de cana-de-açúcar em um latossolo vermelho distroférico submetido a dois sistemas de preparo**. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, MS. 2018. 136 p.
6. Ceretta, CA.; Aita, C.; **Manejo e conservação do solo**. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria - RS. 2010.
7. Moraes, ER et al. Produtividade e características agronômicas da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 1, p. 27-32, 2016.
8. Pes, LZ.; Giacomini, DA.; **Conservação do Solo**. Colégio Politécnico UFSM. Santa Maria - RS. 2017. 69 p.
9. Franck, F. D. (2013). **Estruturação de um Sistema de Custeio e de Gestão por Indicadores para o Processo de Produção de uma Usina Sucroenergética**.
10. Silva ACS. **Análise de uso de banco de dados por sistemas de automação industrial**. 2018. 24p. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Informática, Porto Alegre.
11. Aranha ER, Teixeira EB, Carmo E, Santiago Tavares GA, Costa PHM, Fernandes Aranha PL, Barboza CB, Figueiredo AM, Lourenço SR. **Hierarquia de dados para PIMS corporativo**. 2015. IX International Conference on Engineering and Computer Education - ICECE'2015. Disponível em: <https://copec.eu/congresses/icece2015/proc/works/27.pdf>. Acessado em: 13 abr 2022.
12. GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2022.
13. Gil AC. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas. 2007. 171p.
14. Valtra AGCO (2023). Disponível em: <https://www.valtra.com.br> . Acesso em: 24 de abril. 2023.
15. Dria - **Implementos Agrícola Ltda** (2021). Disponível em:< <https://dria.com.br/sulcadores/>>. Acesso em: 08 maio. 2023.
16. Civemasa (2014) - Implementos Agrícolas Ltda. Disponível em:< <https://civemasa.com.br/uploads/produtos/manual/0501091095%20-%20STAC%20P%20500%20-%20REV-01%20-%201221.pdf>>.
17. Baldan (2019). Disponível em:< <https://www.baldan.com.br/conteudo/nv-grade-niveladora.html>>.
18. Tatu marchesan (2018). Disponível em:< <http://catalogo.marchesan.com.br/PDF/0501092130P.pdf>>.

19. Mialhe LG. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1974. 297 p.
20. Pacheco, E.P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21p. (Embrapa Acre. Documentos, 58).
21. American Society of Agricultural Engineerig. **ASAE standards: agricultural management data ASAE D497.4**. Saint Joseph. 1998. 367p.
22. Montanha, G. K., Guerra, S. P. S., Andrade-Sanchez, P., Campos, F. H., & Lanças, K. P. (2011). Consumo de combustível de um trator agrícola no preparo do solo para a cultura do algodão irrigado em função da pressão de inflação nos pneus. *Energia na Agricultura*, 39-51.
23. Burt, E. C.; Bailey, P. W. L.; Meiring, P. Ballast andinflation effects on tire tractive. **Transactions ASAE**, Saint Joseph, v. 26, n. 5, p. 1352-1354, 1983.
24. Fernandes, H. C., Silveira, J. C. M. D., & Rinaldi, P. C. N. (2008). Avaliação do custo energético de diferentes operações agrícolas mecanizadas. *Ciência e agrotecnologia*, 32, 1582-1587.
25. Salvador, N., Mion, R. L., & Benez, S. H. (2009). Consumo de combustível em diferentes sistemas de preparo periódico realizados antes e depois da operação de subsolagem. *Ciência e agrotecnologia*, 33, 870-874.
26. Oliveira, M. L. D., Vieira, L. B., MANTOVANI, E. C., SOUZA, C., & DIAS, G. P. (2000). Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 1455-1463.
27. Christofoletti, D., Vasconcelos, J. C. S., Speranza, E. A., Barbosa, L., & Cançado, G. D. A. (2021). Avaliação de parâmetros associados à qualidade e produtividade em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2021, Campinas. Anais [...]. Campinas: Instituto de Zootecnia, 2021. Não paginado. Ref. 21601.
28. André, J. A. (2009). Sistemas de preparo de solo para cana-de-açúcar em sucessão com amendoim.
29. Bertol, I., Beutler, J. F., Leite, D., & Batistela, O. (2001). Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Scientia Agricola*, 58, 555-560.
30. Conab. Companhia Nacional de Abastecimento. Custos de produção agrícola: A metodologia da Conab. Brasília. 2010. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes\\_agricolas/metodologia\\_custo\\_pr oducao](https://www.conab.gov.br/images/arquivos/informacoes_agricolas/metodologia_custo_pr oducao).
31. Melo, F. C. D. (2018). Estudo de caso de controle estatístico e análise de falhas em frota de máquinas agrícolas.
32. De Carvalho, L. A., da Silva Jr, C. A., de Albuquerque Nunes, W. A. G., Meurer, I., & de Souza Jr, W. S. (2011). Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no Centro-oeste do Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, 34(1), 199-211.