

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE DOUTORADO**

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE CULTIVO DE SISAL,  
FERTILIZAÇÃO E ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA  
CULTURA**

**ANDRÉ SANTOS DE OLIVEIRA**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
AGOSTO - 2021**

# **DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE CULTIVO DE SISAL, FERTILIZAÇÃO E ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA CULTURA**

**ANDRÉ SANTOS DE OLIVEIRA**

Engenheiro Agrônomo

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

**Orientadora:** Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

**Coorientador:** Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**AGOSTO – 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

O48d	<p>Oliveira, André Santos de. Diagnóstico do sistema de cultivo de sisal, fertilização e aspectos fisiológicos da cultura / André Santos de Oliveira._ Cruz das Almas, Bahia, 2021. 134f.; il.</p> <p>Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Doutorado em Ciências Agrárias.</p> <p>Orientadora: Prof. Dra. Ana Cristina Fermino Soares. Coorientador: Júlio César Azevedo Nóbrega.</p> <p>1.Sisal – Cultivo – Manejo. 2.Sisal – Fisiologia vegetal. 3.Fertilização de plantas – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 633.59</p>
------	---

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.  
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).  
Os dados para catalogação foram enviados pelo usuário via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE DOUTORADO**

**DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE CULTIVO DE SISAL,  
FERTILIZAÇÃO E ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA  
CULTURA**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE  
ANDRÉ SANTOS DE OLIVEIRA**

Realizada em 30 de agosto de 2021

Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares  
Examinador Interno (Orientadora)

Prof. Dr. João Carlos Medeiros  
Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB  
Examinador Externo

Prof. Dr. Julian Junio de Jesus Lacerda  
Universidade Federal do Piauí - UFPI  
Examinador Externo

Dr. Tarcísio Marcos de Souza Gondim  
Embrapa Algodão  
Examinador Externo

Juan Manuel Anda Rocabado  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
Examinador Interno

## DEDICATÓRIA

*Ao Sr. Misael Ferreira, homem sábio,  
humilde que dedicou sua vida em  
defesa do sisal, compartilhou sua  
experiência de vida e me possibilitou  
enxergar um mundo diferente. Muito  
obrigado!*

*Nada façais por contenda ou por vanglória,  
mas por humildade; cada um considere os  
outros superiores a si mesmo.*

*Filipenses 2:3*

## AGRADECIMENTOS

Aos trabalhadores e amigos da Fazenda Vitória;

Ao Sr. Misael Ferreira, mais uma vez muito obrigado por ter disponibilizado sua fazenda e dependências para que este trabalho fosse possível;

À Professora Ana Cristina Fermino Soares pela orientação, dedicação e empenho, demonstrado durante todo o tempo;

Ao Professor Júlio Nóbrega pela coorientação e toda a atenção despendida para que realizássemos um excelente trabalho de campo;

Ao Professor Manoel Teixeira pela contribuição neste trabalho, pelas sugestões no campo, pelo tempo despendido e equipamentos disponibilizados nas avaliações com o IRGA;

Ao Professor Francisco Fadigas pela disponibilidade do laboratório de solo e planta para realização das análises necessárias;

Aos agricultores e agricultoras da região sisaleira que compartilharam informações da sua realidade de vida e labuta;

A todos os professores dos quais tive o privilégio de ser aluno no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias;

Aos técnicos do laboratório de microbiologia e de solos, pelo auxílio na seleção e uso de matérias e equipamentos;

À minha família: Mãe Romilda, esposa Karina, filhos Levy e Olga e meu irmão João por todo amor e carinho despendido;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo auxílio financeiro e bolsa de estudos para execução da pesquisa;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que através do projeto NEXUS viabilizou a execução de trabalhos de campo,

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho;

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO ABSTRACT	
INTRODUÇÃO GERAL	21
ESTADO DA ARTE	22
CAPÍTULO 1 - DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE CULTIVO DE SISAL NA BÁHIA	36
CAPÍTULO 2 - ADUBAÇÃO COM NPK NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE <i>Agave sisalana</i> <sup>1</sup>	61
CAPÍTULO 3 - MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA APLICADOS À AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DO SISAL SOB ADUBAÇÃO QUÍMICA E ORGÂNICA	83
CAPÍTULO 4 - FOTOSÍNTESE, RESPIRAÇÃO, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E TAXA DE ACUMULAÇÃO DE CO <sub>2</sub> EM PLANTAS DE <i>Agave sisalana</i>	109
CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
ANEXOS	130

## DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE CULTIVO DE SISAL, FERTILIZAÇÃO E ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA CULTURA

**Autor:** André Santos de Oliveira

**Orientadora:** Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

**Coorientador:** Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

**Resumo:** O objetivo geral dessa pesquisa foi analisar o sistema de cultivo do sisal, considerando o manejo da adubação e aspectos da fisiologia da planta. Foi realizado um diagnóstico do manejo do sisal na região semiárida da Bahia e entrevistas com os produtores (capítulo 1). Verificou-se que o sistema de cultivo envolve baixo nível tecnológico, os solos são rasos, pedregosos, expostos às condições do clima e aos agentes erosivos, as áreas apresentam boa fertilidade, porém com baixos teores de fósforo e potássio. Foi avaliado o efeito dos macronutrientes N, P e K sobre os fatores de crescimento da cultura (capítulo 2). A dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N promoveu o aumento na altura da planta (AP) em 8% e no número de folhas (NF) de 23%. A dose de 70 kg ha<sup>-1</sup> de P promoveu um aumento de 11,5% em AP, 13,8% no NF e de 44,4% na área foliar (AF) e a dose de 35 kg ha<sup>-1</sup> de K promoveu um aumento de 5,4% para AP, 20% para diâmetro do pseudocaule (DPC), 21% para o NF, 6,4% para Comprimento da folha (CF), 23,5% para largura da folha (LF) e 31,4% para AF. Foram determinados modelos matemáticos através da regressão linear múltipla para estimar a resposta das características de crescimento do sisal, em função de doses de NPK e esterco (capítulo 3). O modelo matemático estimado foi significativo e serve para estimar respostas dos parâmetros de crescimento em função de doses de N, P, K e esterco, comparando o tratamento testemunha com os que receberam 8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>, sem nenhuma dose de N, P e K. As características AP, NF e AF apresentaram aumento de 15,5%, 42,8% e 169%, respectivamente. Foram analisados: a taxa de fotossíntese, condutância estomática, teor relativo de água na folha, número de folhas e área foliar em plantas de sisal submetidas a doses de N, P e K (capítulo 4). Os tratamentos com 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 70 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e 35 kg ha<sup>-1</sup> de potássio promoveram o aumento no número de folhas e área foliar do sisal; as maiores concentrações de N (28 g kg<sup>-1</sup>) e P (2,1 g kg<sup>-1</sup>) foram encontradas nas plantas que receberam 70 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. A maior concentração de K (29 g kg<sup>-1</sup>) foi encontrada nas plantas que receberam 35 kg ha<sup>-1</sup> de potássio. A adubação não teve influência na absorção de CO<sub>2</sub> pela planta. Este estudo apresenta informações relevantes que contribuirão para a melhoria das práticas de manejo em lavouras de sisal.

**Palavras-chave:** manejo de *Agave sisalana*, nutrição do sisal, plantas CAM, trocas gasosas do sisal.



## DIAGNOSIS OF THE SISAL GROWING SYSTEM, FERTILIZATION AND PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF THIS CROP

**Author:** André Santos de Oliveira

**Advisor:** Prof. Dr. Ana Cristina Fermino Soares

**Co-advisor:** Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

**Abstract:** The general objective of this research was to analyze the sisal cultivation system, considering the management of fertilization and aspects of the plant's physiology. A diagnosis of the of sisal crop management system in the semiarid region of Bahia was carried out and interviews with the producers (chapter 1). It was found that the cultivation system is developed with a low technological level, the soils are shallow, stony, exposed to weather conditions and erosive agents. The areas have good fertility levels, but with low levels of phosphorus and potassium. The effect of macronutrients N, P and K on the growth factors of the culture was evaluated (chapter 2). The dose of 40 kg ha<sup>-1</sup> of N promoted an increase in plant height (PH) by 8% and in leaf number (LN) by 23%. The dose of 70 kg ha<sup>-1</sup> of P promoted an increase of 11.5% for PH, 13.8% for LN and 44.4% for leaf area (LA) and the dose of 35 kg ha<sup>-1</sup> of K promoted an increase 5.4% for PH, 20% for pseudo stem diameter (PSD), 21% for LN, 6.4% for leaf length (LL), 23.5% for leaf width (LW) and 31.4% for LA. Mathematical models were determined through multiple linear regression to estimate the response of sisal growth characteristics as a function of NPK and manure doses (chapter 3). The mathematical model estimated was significant and allows to estimate responses of growth parameters as a function of doses of N, P, K and manure, comparing the control treatment with those that received 8 kg of manure per plant, without any dose of N, P and K. The characteristics PH, LN and LA showed an increase of 15.5%, 42.8% and 169% respectively. The photosynthesis rate, stomatal conductance, relative leaf water content, number of leaves and leaf area were evaluated in sisal plants submitted to doses of N, P and K (chapter 4). The treatments with 40 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen, 70 kg ha<sup>-1</sup> of phosphorus and 35 kg ha<sup>-1</sup> of potassium increased the NL and LA of sisal plants in the field. The highest concentrations of N (28 g kg<sup>-1</sup>) and P (2.1 g kg<sup>-1</sup>) were found in plants that received 70 kg ha<sup>-1</sup> of phosphorus, while the highest concentration of K (29 g kg<sup>-1</sup>) was found in plants that received 35 kg ha<sup>-1</sup> of potassium. The fertilization rates did not affect plant absorption of CO<sub>2</sub>. This study presents relevant information that will contribute to the improvement of management practices in sisal crops.

**Keywords:** *Agave sisalana* management, sisal nutrition, CAM plants, gas exchange of sisal.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

As condições climáticas do semiárido nordestino e as características fisiológicas do sisal (*Agave sisalana* Perrine) possibilitaram a adaptação desta cultura no semiárido do Nordeste brasileiro, culminando na expansão dos cultivos comerciais de sisal na década de 1940, e na liderança mundial deste país na produção e exportação de fibra de sisal (FAO, 2022). No Brasil, 95% da produção de fibra de sisal está concentrada no estado da Bahia, em municípios com elevado índice de pobreza. A cadeia produtiva desta cultura tem enorme relevância social e econômica, com a geração de emprego e renda na região semiárida da Bahia. Porém, entre 2009 e 2019 houve uma queda de 69% na produção de fibra de sisal e uma redução de 63% da área plantada na Bahia (FAO, 2022). Se essa queda continuar no mesmo ritmo, é possível que na próxima década, a produção de sisal nessa região seja extinta, tirando o Brasil do cenário mundial de produção de sisal, e a fonte de renda de grande parte da população da região sisaleira da Bahia, que depende da cultura para a sobrevivência.

Torna-se importante compreender os fatores que estão atuando no sistema de produção da cultura, incluindo o manejo e fertilidade do solo empregado nos campos produtivos. Estudos apontam que a cultura do sisal exporta entre: 27-33, 5-7, 59-69, 42-70 e 34 kg t<sup>-1</sup> de fibra ano<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente (HARTEMINK, 2002). Essa expressiva extração de nutrientes do solo, sem a devida reposição pela adubação, pode exaurir a sua fertilidade natural em dois ou três ciclos da cultura. Estudos dessa natureza não existem para a região sisaleira da Bahia.

Nesse sentido, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar aspectos do sistema de cultivo e os efeitos da adubação nos parâmetros de crescimento, produção e fisiologia da planta de sisal na região sisaleira da Bahia.

O capítulo 1 refere-se ao diagnóstico do sistema de produção e das condições de fertilidade dos solos realizado na região produtora de sisal conhecida como região sisaleira no estado da Bahia. Os capítulos 2 e 3 abordam os estudos sobre a fertilidade do solo e o efeito da adubação química e orgânica sobre os fatores de crescimento da planta. O capítulo 4 aborda o estudo sobre os seguintes aspectos fisiológicos da planta: trocas gasosas, taxas de fotossíntese, respiração, condutância estomática, taxa de acumulação de CO<sub>2</sub>, teor relativo de água na folha,

número de folhas e área foliar em plantas de sisal com e sem adubação química e orgânica.

## **2. ESTADO DA ARTE**

### **2.1 - Aspectos gerais sobre a cultura do sisal**

Nos biomas de clima seco, a exemplo da Caatinga, podemos encontrar diversas plantas com características morfológicas e fisiológicas que lhes confere adaptabilidade às condições de temperaturas elevadas e déficit hídrico, a exemplo dos Agaves (Amin et al. 2019). Estas plantas possuem o metabolismo ácido das crassuláceas, com a abertura dos estômatos no período noturno para as trocas gasosas, o que lhes proporciona menor evapotranspiração e melhor eficiência no uso da água (Heyduk et al. 2016) e a adaptação as condições climáticas de regiões áridas e semiáridas (COLEMAN-DERR et al., 2016). Entretanto, os estudos sobre o potencial dessas plantas como alternativa socioambiental e econômica para sustentabilidade desses ecossistemas ainda são muito limitados, carecendo de respostas tanto do ponto de vista científico como político (CUSHMAN et al., 2015).

O gênero *Agave* pode ser encontrado em todos os biomas secos e o cultivo de várias espécies de Agaves encontra-se em expansão em países como México, Estados Unidos e Brasil, devido a sua importância econômica (FIGUEREDO-URBINA; CASAS; TORRES-GARCÍA, 2017; FRANCIA; RIVERA; GARCÍA, 2017; RAMBO et al., 2015).

No Brasil, o cultivo da *Agave sisalana* conhecida como sisal, teve sua expansão na década de 1930 e 1940 para a produção de fibra (Soares et al. 2020, Medina, 1954), com significativa relevância para o desenvolvimento econômico de regiões semiáridas no nordeste do Brasil, o que colocou este país na liderança mundial em termos de produção e exportação da fibra de sisal para países como Estados Unidos, China, México e Portugal (LIMA; COELHO NETO, 2017).

De aproximadamente 86 mil toneladas de fibra de sisal produzida no ano de 2020 no Brasil, 94,26% foram do estado da Bahia, especificamente da região semiárida baiana que é caracterizada pelo elevado índice de pobreza, o que aumenta sua relevância no contexto socioeconômico. Outros estados produtores no Nordeste são o Ceará com 0,09%, Rio Grande do Norte com 0,05% e Paraíba com 5,59% (IBGE, 2021).

O sistema de produção da cultura do sisal no Brasil ainda é rudimentar, com limitadas práticas de cultivo, manejo de adubação do solo e tratos fitossanitários.

As inovações tecnológicas avançam a passos lentos em relação a cadeia produtiva do sisal, isto porque, ainda são poucos os estudos e o desenvolvimento de produtos tecnológicos para atender este ramo da agricultura (SANTOS et al., 2014). Espera-se que, com as novas possibilidades de incremento no setor, essa realidade possa mudar, a exemplo da utilização de fibras naturais em substituição as fibras sintéticas na composição de peças de automóveis. Estima-se que somente a Alemanha deverá consumir cerca de 20 mil toneladas de fibras naturais por ano na fabricação de peças de automóveis (MARTIN et al., 2009).

Em relação à produção de fibra, em condições experimentais no Quênia foi possível produzir aproximadamente quatro toneladas de fibra ha ano<sup>-1</sup> com a *Agave sisalana* e sete toneladas com o Agave híbrido 11648 (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). De modo geral, os países africanos apresentam uma produtividade média de 697 kg ha ano<sup>-1</sup>, na América Central a produtividade média é de 516 kg ha ano<sup>-1</sup>, na América do Sul é de 673 kg ha ano<sup>-1</sup> e na Ásia é de 1081 kg ha ano<sup>-1</sup>. Na Tanzânia, com chuvas entre 1000 e 1200 mm, sob boas condições de cultivo e solo, foram produzidas 3,1 t ha ano<sup>-1</sup> com o híbrido 11648, após o primeiro corte realizado aproximadamente 1,5 anos após o plantio (HARTEMINK, 1997). No Brasil, o rendimento médio de fibra em 2020 foi de 869 kg ha ano<sup>-1</sup>. O estado do Ceará é o que apresenta maior produtividade, com 2054 kg ha ano<sup>-1</sup>, seguido da Bahia e Paraíba com 869 kg ha ano<sup>-1</sup> e Rio Grande do Norte com 783 kg ha ano<sup>-1</sup>. Embora o Ceará tenha apresentado maior produtividade, sua produção ainda é pouco significativa na escala nacional (IBGE, 2021).

Estudos sobre a cultura do sisal destacam que plantios sucessivos e sem reposição dos índices de fertilidade do solo na área cultivada resultam no esgotamento de fontes de nutrientes no solo, influenciando negativamente na qualidade da fibra de sisal colhida (SOUSA, 2015). Há, portanto, a necessidade da realização de estudos sobre a fertilização do solo e a nutrição do sisal nesta região. Predominantemente, os estudos para esta cultura estão relacionados com o beneficiamento e aplicações dos subprodutos do sisal, sendo escassa a literatura atual sobre estudos voltados para o manejo da fertilidade da cultura do sisal e a relação da fertilidade com os índices de produção e produtividade (MARTIN et al., 2009; SPINACÉ et al., 2011).

## **2.2- Origem, classificação botânica e principais características da planta**

A planta *A. sisalana* é originária do México, de onde migrou para os Estados Unidos e, posteriormente, para a África e o Brasil (Medina, 1954). No Brasil, esta cultura se concentrou na região Nordeste, possivelmente devido às condições climáticas da região e adaptação desta cultura, tornando-se uma das poucas alternativas para produção agrícola e geração de renda na região semiárida (CARNEIRO et al., 2021). O sisal pertence à classe das Monocotiledôneas, série *Liliflorea*, família *Asparagaceae*, subfamília *Agavoidea*, gênero *Agave*, subgênero *Euagave*. O gênero *Agave* compreende aproximadamente 300 espécies nativas das zonas tropicais e subtropicais da América do Norte e América do Sul, deste gênero, somente duas espécies se destacam por sua importância comercial para a produção de fibra: *A. sisalana* e *A. fourcroydes* (EMBRAPA, 2008).

Em relação as características da planta, o sistema radicular é fibroso, fasciculado, emergindo da base do pseudocaulo com dois tipos de raízes, as fixadoras e as alimentadoras. As fixadoras têm diâmetro de 2 a 4 mm, são de coloração marrom e enrugadas, possuem muitas ramificações e podem atingir crescimento horizontal de até 3 m. As raízes alimentadoras, cuja função é absorver água e nutrientes da solução do solo, são de pequeno diâmetro (1 a 2 mm) e, dependendo das condições de fertilidade do solo, desenvolvem-se em grande número. Quando o sisal entra em senescência, as raízes alimentadoras começam a morrer (MEDINA, 1954).

A planta de sisal é acaulescente, com um tronco denominado de pseudocaulo, onde ficam inseridas as folhas e o broto terminal. Esta é a principal estrutura da planta que dá origem e sustentação às folhas. O tronco é coberto por uma casca dura lignificada de aproximadamente 3 mm de espessura, que serve para dar sustentação e fixação às folhas, além de servir como órgão de armazenamento. Na parte média superior encontram-se tecidos menos fibrosos, de coloração esbranquiçada, enrugados e suculentos e, logo acima, localiza-se o meristema principal, que é o ponto de origem das folhas, constituídas de pequenas células de alto poder reprodutivo (MEDINA, 1954).

O sisal produz rizomas de gemas situadas na base da planta, que se desenvolvem com diâmetro de 1,5cm a 3cm, em forma longitudinal, em profundidade variando entre 5 e 15 cm. A partir do terceiro ano vegetativo a planta começa a dar origem a uma nova planta, chamada "rebento". Quando o rizoma é curto, o rebento sai na base da planta mãe. Uma planta mãe pode produzir de 30 a 50 rizomas. Após a emissão dos rebentos, recomenda-se a sua eliminação para

evitar concorrência de nutrientes e umidade do solo com a planta mãe. O rizoma, cujo rebento foi eliminado, após a sua recuperação poderá dar origem a um novo rebento (LOCK, 1969).

A folha do sisal é de forma linear lanceolada, destituída de pecíolo, rígida, de cor verde escuro e comprimento entre 120 e 160 cm, com 10 a 15 cm de largura na sua parte média. A superfície é côncava, possuindo um único acúleo de 2 cm na extremidade da folha. A inserção da folha no pseudocaule ocorre em forma de espiral, ascendente, formando rosetas. As folhas mais jovens são verticais mas, à medida que amadurecem, amplia-se o ângulo de sua inserção no caule até as folhas inferiores, que são horizontais (EMBRAPA, 2008). Uma planta de *A. sisalana* produz entre 200 e 250 folhas durante o ciclo, com peso médio variando entre 400 e 700 gramas. A epiderme da folha é composta por uma cutícula cerosa que repele a água facilmente e nesta camada encontram-se numerosos estômatos distribuídos de maneira contínua, onde ocorrem as trocas gasosas (EMBRAPA, 2008).

Quando a planta está prestes a emitir a inflorescência, produz folhas curtas, estreitas e pontiagudas ao redor do ponto apical. Nesse processo, o ápice do caule se transforma em inflorescência com pedúnculo floral que atinge de 6 a 8 m de altura, com algumas escamas similares às folhas, além de apresentar na parte superior entre 20 e 40 ramos que, por sua vez, originam grupos de flores de cor branca ou ligeiramente esverdeada. O pedúnculo floral é uma grande panícula, cada ramo produz aproximadamente 40 flores e, por se tratar de uma planta monocárpica, ele floresce uma só vez durante o ciclo vegetativo, morrendo posteriormente (LOCK, 1969). A flor é hermafrodita, agrupada em cachos situados no final do ramo da panícula. Primeiro abrem-se as flores dos ramos inferiores e, quando os seus estigmas são receptivos, os estames dos ramos imediatamente superiores abrem-se, vertem o pólen para fertilizar as flores inferiores e assim realiza-se a floração, até os ramos da inflorescência superior (MEDINA, 1954).

Os frutos são de forma capsular, oblonga, trilobular, com pericarpo rígido, medindo 3 cm de comprimento e 2 cm de diâmetro, de cor verde e consistência carnosa nos estágios iniciais e, quando amadurecem passam a ter coloração preta. As sementes, localizadas no interior do fruto, são delgadas, de tonalidade preta, lustrosa e de forma triangular. As sementes estéreis são de cor branca e as férteis raramente são encontradas (LOCK, 1969).

Após a queda das flores, desenvolvem-se sobre a panícula os bulbilhos, originados de gemas que se encontram logo abaixo da linha de inserção das flores.

Os bulbilhos são formados por tecido meristemático, medindo de 6 a 10 cm de comprimento, com 6 a 8 folhas e pequenas raízes adventícias. Os bulbilhos caem da planta após três meses e dão origem a novas plantas de sisal (MEDINA, 1954).

A propagação sexuada não é interessante para a produção de mudas comerciais. A germinação das sementes inicia com a emergência da radícula de cor branca em um dos lados e depois o único cotilédone emerge e torna-se verde. O processo de germinação do sisal ocorre a partir do sexto dia após a semeadura, podendo prolongar-se por mais de 90 dias (GONDIM; SOUZA, 2009).

### **2.3 - Exigências edafoclimáticas para o cultivo do sisal**

O sisal se desenvolve melhor em solos sílico arenosos, permeáveis, de média fertilidade e relativamente profundos. No entanto, na região Nordeste existe uma diversidade de tipos de solo em que o sisal é cultivado, desde os rasos e pedregosos, aos arenosos e argilosos. O importante na escolha do terreno de plantio é evitar as áreas compactadas e encharcadas, que dificultam o seu pleno desenvolvimento. A área escolhida deve ter elevações suaves e, de preferência, ser com exposição leste-oeste, correspondente à maior luminosidade. Terrenos de forte inclinação devem ser evitados, a menos que sejam usadas práticas de conservação do solo (EMBRAPA, 2008).

No Brasil, os principais solos utilizados para o cultivo do sisal são os Nitossolos vérticos e não-vérticos, Neossolos Quartzarênicos distróficos, Neossolos Líticos distróficos e eutróficos, Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, Planossolos, Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e distróficos e Neossolos Regolíticos (BELTRÃO, 1999).

Por ser uma planta semi xerófila, o sisal desenvolve-se muito bem em regiões de clima tropical e subtropical, podendo suportar secas prolongadas e até mesmo temperaturas elevadas (EMBRAPA, 2008). Comercialmente, o sisal é produzido em áreas com precipitação pluvial média anual variando entre 625 e 1250mm. Quando excede os 1500mm, a produção é reduzida por causa da competição com ervas daninhas. As regiões produtoras de sisal no Nordeste brasileiro apresentam altitudes entre 209 e 1012m, precipitação pluvial entre 335,8 e 863,1mm, concentradas entre 3 e 6 meses do ano. Do ponto de vista fisiológico, o sisal sendo uma planta CAM, tem elevada eficiência no uso de água, gastando em média 75g de água para produzir um grama de fitomassa, enquanto que as

plantas de metabolismo C3 podem utilizar até 1000g de água para produzir a mesma quantidade de fitomassa (BELTRÃO, 1999).

#### **2.4 – Fotossíntese, respiração, translocação, reserva, fotoperiodismo e vernalização do sisal**

O sisal é uma planta que apresenta metabolismo CAM. As plantas que se utilizam da fotossíntese CAM também utilizam a PEP carboxilase, com seu forte poder concentrador de gás carbônico. Ao contrário das plantas C<sub>4</sub> e C<sub>3</sub>, as plantas com fotossíntese CAM abrem os seus estômatos e fixam o gás carbônico à noite, sob a forma de ácido málico. Durante o período de luminosidade, os estômatos permanecem fechados e o CO<sub>2</sub> é liberado dentro da folha e fixado pela Rubisco (VIEIRA et al., 2010). Entretanto, como o gás carbônico encontra-se em elevada concentração dentro da folha, o processo de fotorrespiração é impedido, exatamente da mesma forma que nas plantas que utilizam a rota C<sub>4</sub>. As plantas que utilizam a rota fotossintética CAM possuem vantagens no suprimento de água, uma vez que seus estômatos permanecem fechados durante o dia, evitando a perda de água por evapotranspiração (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em geral as plantas que apresentam fotossíntese CAM ocorrem em ambientes áridos, onde o rigoroso controle estomático de consumo de água durante o período diurno é vital para a sobrevivência (VIEIRA et al., 2010).

Estas espécies vegetais ocorrem também em locais cujo suprimento de gás carbônico é pequeno durante o dia, como por exemplo, em plantas aquáticas submersas e em órgãos fotossintetizantes sem estômatos (ex.: raízes fotossintetizantes das orquídeas). Em algumas espécies CAM, como é o caso da Cactaceae *Opuntia basilaris*, os estômatos permanecem fechados durante o dia no período de seca. O processo CAM permite que a planta permaneça em estado de “inatividade”, utilizando apenas o CO<sub>2</sub> produzido internamente através do processo de respiração (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Para a manutenção da vida, um constante fornecimento de energia é requerido. Uma diferença fundamental entre plantas e animais é a forma como é obtida a energia para a manutenção da vida. Os animais obtêm dos alimentos, os compostos orgânicos, enquanto, a energia química é obtida através da respiração. Plantas verdes absorvem energia em forma de luz a partir do sol, convertendo-a em energia química no processo chamado Fotossíntese. Neste contexto, as



plantas, de maneira geral, são autotróficas, ou seja, se auto alimentam, enquanto que os animais são heterotróficos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A fotossíntese está muito ligada à respiração, ou seja, pode-se dizer que a fotossíntese e a respiração são espelho uma da outra, e, de maneira geral, há um balanço entre estes dois processos na biosfera. Tanto a fotossíntese quanto a respiração geram energia química utilizável (na forma de ATP), cuja síntese é mediada por um gradiente de hidrogênio transmembrana (MALAVOLTA, 2006).

A respiração aeróbica envolve a oxidação de moléculas orgânicas em  $\text{CO}_2$  com redução do  $\text{O}_2$  em  $\text{H}_2\text{O}$  e dissipação de energia em forma de calor. A fotossíntese envolve dois processos ligados: a oxidação de  $\text{H}_2\text{O}$  em  $\text{O}_2$  mediada pela luz e produção de ATP – fase Foto e a redução do  $\text{CO}_2$  em moléculas orgânicas, onde o ATP é utilizado – fase Síntese. A razão é que o ATP proveniente da fotossíntese é produzido apenas em células verdes (fotossintetizantes) e apenas na presença da luz. Durante as horas de escuridão e em células não fotossintetizantes (como células de raiz), a energia é suprida pela respiração, usando como substrato os compostos de carbono produzidos pelas células verdes na parte síntese da fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Outro fato importante sobre a respiração é que durante o processo respiratório (principalmente na glicólise e ciclo de Krebs) são produzidos muitos precursores essenciais para a biossíntese de outros compostos importantes, como aminoácidos e hormônios vegetais. O balanço entre fotossíntese e respiração geralmente não deve ocorrer em plantas em crescimento, devendo haver mais fotossíntese que respiração (R). Do contrário, não seria possível o crescimento. Assim, o ganho de ATP gerado pela fotossíntese deve ser maior que a perda de ATP. As plantas só conseguem sobreviver quando recebem luz acima do seu ponto de compensação luminosa. Neste caso, a produção de alimento, por fotossíntese, é maior que o consumo de alimento, por respiração (VIEIRA et al., 2010).

As plantas CAM utilizam a via  $\text{C}_4$ , porém de uma forma distinta das plantas  $\text{C}_4$ . As plantas  $\text{C}_4$  fazem uma separação espacial dos eventos, enquanto as plantas CAM fazem uma separação temporal. As plantas CAM não possuem a anatomia “Kranz”; são em geral plantas suculentas, com parênquima e vacúolos grandes, estocando água. Algumas são CAM obrigatórias, funcionando sempre com este mecanismo, enquanto outras como *Ananas comosus*, *Agave sisalana*, *Opuntia ficusindica* e espécies das famílias *Bromeliaceae* e *Orchidaceae* desenvolvem-se com a via  $\text{C}_3$ , porém sob estímulo de falta de água, salinidade, fotoperíodo ou

termoperíodo, passam a apresentar o comportamento CAM (LUTTGE; KLUGE; BAUER, 1991).

O comportamento CAM não permite uma grande acumulação de matéria seca, porém economiza água, podendo então ser considerado como a única via fotossintética que confere adaptação à seca. Algumas plantas CAM facultativas podem atingir alta produtividade, quando funcionando como C<sub>3</sub>, porém quando essas plantas apresentam o comportamento CAM, devido à um estresse ambiental, a acumulação de matéria seca é reduzida (VIEIRA et al., 2010).

No metabolismo CAM as plantas fecham os estômatos durante o dia, prevenindo assim a perda de água. Durante a noite, com pouca transpiração devido ao baixo déficit de pressão de vapor, elas abrem os estômatos, e o CO<sub>2</sub> é fixado ao ácido fosfoenolpirúvico (PEP) pela ação da PEP-case, pois, essa reação não depende de ATP ou NADPH. Assim, o carbono é assimilado na forma de ácidos orgânicos, aspártico (ASP) e málico (MAL), acumulados nos vacúolos. Durante o dia, economizam água com os estômatos fechados, pois já assimilaram o CO<sub>2</sub>, e então descarboxilam estes ácidos orgânicos pelas mesmas vias de descarboxilação C<sub>4</sub>, fornecendo o CO<sub>2</sub> para o ciclo de Benson-Calvin que, este sim, depende da energia luminosa. Essas plantas podem permanecer longos períodos, de 100 a 200 dias sem abrir os estômatos durante o dia, economizando água, porém com baixo acúmulo de matéria seca. Para a economia de água, além dessa vantagem, as plantas CAM têm uma frequência estomática (em torno de 2.500 estômatos cm<sup>-2</sup>) dez vezes menor que plantas C<sub>3</sub> (em torno de 20.000 estômatos cm<sup>-2</sup>) (NOBEL, 1991; TAIZ; ZEIGER, 2004).

Os carboidratos que chegam ao dreno podem ser utilizados para a respiração de manutenção, respiração de crescimento ou estocados como reserva a ser utilizada posteriormente (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

Na respiração de manutenção é utilizada produzindo energia química e poder redutor para o metabolismo. Neste caso, a oxidação de glicose tende a ser completa, formando CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, produzindo a máxima quantidade de ATP e NADH para todos os processos endergônicos ou de oxirredução, necessários à manutenção da célula, tais como: o transporte de metabólitos, as reações enzimáticas e a manutenção dos teores proteicos (“turnover” de proteínas), que pode consumir mais de 50% da energia para manutenção (NOBEL, 1991).

A respiração de crescimento, é onde a glicose é “queimada” parcialmente, fornecendo energia e poder redutor para a síntese de aminoácidos, lipídios,

nucleotídeos e outros compostos secundários, a partir dos esqueletos de carbono produzidos na glicólise, desvio das pentoses e ciclo de Krebs (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A estocagem de carboidratos pode se dar na forma de sacarose, como na cana de açúcar e raízes de beterraba açucareira, na forma de açúcares redutores para alguns frutos, na forma de amido (amilase e amilopectina) para grãos de cereais, mandioca e batata, ou ainda na forma de frutanos em algumas gramíneas. Em grãos de oleaginosas, como a soja, há uma correlação entre os teores de amido e óleos (que também são uma forma de reserva de carbono); no início do desenvolvimento do grão, os teores de amido são baixos (1% do peso seco), aumentando até à metade do seu desenvolvimento (10% do peso seco) e diminuindo drasticamente durante a maturação do grão, enquanto os teores de óleos aumentam. Os teores de amido voltam a aumentar a germinação (e os teores de óleos decrescem), durante os 5 dias de embebição da semente, decrescendo após este período. Os carboidratos acumulados como reserva podem ser hidrolisados para uso na respiração de manutenção e de crescimento, quando não há produção de fotoassimilados na fonte durante a noite, com a perda de folhas, para o desenvolvimento de gemas vegetativas, na germinação de sementes (VIEIRA et al., 2010).

As plantas  $C_4$  e principalmente as CAM utilizam menos nitrogênio para a síntese de suas enzimas de carboxilação do que as  $C_3$  e são, por isso, menos dependentes de alta disponibilidade deste elemento para produzir matéria seca (MARSCHNER, 1995). No máximo 35% do N que chegam à folha é gasto para a síntese dessas enzimas nas plantas utilizando a via  $C_4$ , enquanto mais de 50% deste N é gasto para a síntese da rubisco em plantas  $C_3$  (SINCLAIR; HORIE, 1989). Desta forma há maior disponibilidade de N para o crescimento em outros órgãos nas plantas  $C_4$ . Nas plantas  $C_3$ , a enzima rubisco funciona como um “pool” de reserva de nitrogênio, e uma diminuição da atividade da proteína não altera a taxa fotossintética, pois a perda de proteína é compensada pelo aumento da ativação da enzima (NOBEL, 1991). As plantas  $C_4$ , assim como as CAM, instalam-se mais facilmente em terrenos com baixa disponibilidade de nitrogênio (queimados por exemplo), pois podem manter uma atividade fotossintética neste ambiente pobre em nitrogênio, sendo então consideradas plantas pioneiras (NOBEL, 1991; SINCLAIR; HORIE, 1989; TAIZ; ZEIGER, 2004).

As plantas C<sub>4</sub> e CAM desenvolvem-se melhor e apresentam máxima atividade fotossintética com temperaturas de 30 a 45°C. Já em plantas C<sub>3</sub>, a fotossíntese e o crescimento máximos ocorrem entre 20 e 35°C (LUTTGE; KLUGE; BAUER, 1991). Essa resposta pode ser devida à atividade oxigenase da rubisco, pois a liberação de CO<sub>2</sub> fotorrespiratório é baixa em plantas C<sub>4</sub> e, nas plantas C<sub>3</sub> torna-se proporcionalmente maior com o aumento da temperatura, reduzindo então a assimilação de CO<sub>2</sub> nessas últimas (NOBEL, 1991). Essa característica das plantas C<sub>4</sub> e CAM confere-lhes a capacidade de desenvolverem-se melhor em ambientes de temperaturas altas, apesar de existirem plantas C<sub>3</sub> com mecanismos de adaptação às altas temperatura independentemente da via fotossintética (TAIZ; ZEIGER, 2004).

## **2.5 – Exigências nutricionais e recomendação de adubação**

A maioria dos trabalhos sobre a nutrição do sisal foram realizados com o objetivo de caracterizar as deficiências de macronutrientes e sua relação com algumas doenças de planta (COURY, 1951; FERREIRA, 2002; MEDINA, 1943; SALGADO; FEITOSA; HIROGE, 1981). Mesmo com os estudos já realizados, os baixos índices de produtividade e os problemas fitossanitários do sisal colocam em risco a sustentabilidade da cultura ao longo dos anos, carecendo de estudos mais aprofundados acerca do seu sistema de produção (FREITAS et al., 2019).

Em relação ao aspecto agrônômico, o sisal é uma cultura de clima árido e tem produtividade abaixo do seu potencial, na maioria das condições de cultivo. Por ser uma planta originária de solos com boa fertilidade, pode exportar em um período de 24 anos de cultivo, até 491 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, 100 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, 1067 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, 1400 kg ha<sup>-1</sup> de cálcio e 605 kg ha<sup>-1</sup> de magnésio (HARTEMINK, 1997). Estudos realizados em Latossolos no município de Mlingano, na Tanzânia, identificaram que, por tonelada de fibra produzida no ano, o *Agave sisalana* retira do solo 27 kg de nitrogênio, 7 kg de fósforo, 69 kg de potássio, 70 kg de cálcio e 34 kg magnésio. O Agave híbrido 11648 retira do solo 26 kg de nitrogênio, 3,5 kg de fósforo, 44 kg de potássio, 82 kg de cálcio e 31 kg de magnésio. Sendo assim, essa expressiva extração de nutrientes do solo, sem a devida reposição pela adubação, pode exaurir a sua fertilidade natural em dois ou três ciclos da cultura (HARTEMINK, 2003a).

A produtividade da cultura do sisal foi de 2,3 t há ano<sup>-1</sup> em um solo com pH 6,5, fósforo 5 mg dm<sup>-3</sup>, saturação de bases 79% e Al<sup>+3</sup> 0,0 mmolc dm<sup>-3</sup> e foi de 1,5 t

ha ano<sup>-1</sup> em outro solo com pH 5,0, fósforo 3 mg dm<sup>-3</sup>, saturação por bases 16% e 11 mmolc dm<sup>-3</sup> de Al<sup>+3</sup>. Percebe-se que houve uma queda de 65% na produtividade, quando as condições de fertilidade do solo estavam desfavoráveis para o desenvolvimento da cultura, repercutindo na redução do número e tamanho das folhas, com a queda na fração de folhas longas de 80% para 40% do total de folhas colhidas (HARTEMINK, 2003b).

Em relação ao pH, a acidez não interferiu no bom desenvolvimento da cultura do sisal e a necrose da base das folhas ocorreu em áreas com deficiência de potássio. Nas áreas onde foram aplicadas as doses de 100 a 200 gramas planta ano<sup>-1</sup> de sulfato de potássio não houve manifestação dos sintomas (MEDINA, 1943b). O sisal exige pH de 5,5 a 6,5, e este deve ser corrigido com calcário dolomítico antes do transplante das mudas, pois solos com baixos teores de cálcio podem causar a manifestação na planta de sintomas de manchas foliares ou apodrecimento da base das folhas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Também foi possível verificar em um experimento com solução nutritiva em mudas de sisal que a omissão de macronutrientes na solução nutritiva causou a redução no crescimento da planta, no peso das folhas, bulbo e raízes, devido à baixa absorção de micronutrientes pela planta (SALGADO et al., 1984). Em condições controladas no estado de São Paulo, estudos determinaram valores de referência para cálculos de adubação para o estado de São Paulo e Nordeste (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). No estado da Bahia, esses valores estão descritos no Manual de calagem e adubação para o estado da Bahia, (SEAGRI, 1989). Mesmo sendo os valores de referência para os cálculos de adubação na Bahia, verifica-se a necessidade de haver atualização nesses valores, de maneira que atenda às condições reais de solo e clima da região produtora de sisal na Bahia.

No Brasil, as áreas com sisal normalmente já são cultivadas há mais de 20 anos com esta cultura e não recebem aporte de nutrientes externos por meio da adubação. Nestas áreas de cultivo, o solo tem baixo teor de matéria orgânica, geralmente inferior a 1%. O teor de fósforo também é baixo, sendo outro macronutriente limitante ao crescimento vegetal. Quanto ao teor de potássio, os solos com cultivo de sisal no Brasil geralmente estão com níveis adequados de nutrientes (EMBRAPA, 2008b).

Em relação a deficiência de nitrogênio no sisal, os sintomas são verificados a partir da ocorrência de plantas atrofiadas, de pequeno porte e com clorose

generalizadas nas folhas. Há ainda necrose e seca nas extremidades das folhas próximas da base. Nos solos com deficiência de N pode ocorrer secamento súbito e típico das extremidades das folhas. A deficiência de fósforo faz com que as plantas apresentem baixo desenvolvimento e intensa coloração esverdeada das folhas. A deficiência de potássio causa a necrose na base das folhas e seca das extremidades destas. Inicialmente ocorrem pequenas manchas pretas na base das folhas, que coalescem, invadem toda a base, formando um anel preto de tecido necrosado que determina, por estrangulamento, a interrupção da circulação da seiva na folha, que perde a turgescência, amolece, enrola-se no sentido longitudinal até que, no final, se dobra para trás pela parte necrosada, ficando a sua extremidade apoiada no solo (FERREIRA, 2002; SALGADO et al., 1984).

Neste sentido é possível observar que estudos sobre o manejo da cultura, bem como, sua interação com os fatores de produção para incremento nos índices de produtividade no sistema de produção sisal, são bastante limitados, carecendo de novas pesquisas no âmbito da inovação e inserção de novas tecnologias no sistema de cultivo do sisal.

Com base nesse foco o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar aspectos do sistema de cultivo do sisal considerando o manejo da adubação e aspectos da fisiologia da cultura que promovem aumento na produção e produtividade nas características de crescimento da cultura na região sisaleira da Bahia.

## 2.6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do sisal no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1999.

CARNEIRO, J. DA S. et al. Atividades biológicas de *Agave sisalana* com ênfase para a ação antimicrobiana: uma revisão da literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e2510312734, 3 mar. 2021.

CUSHMAN, J. C. et al. Development and use of bioenergy feedstocks for semi-arid and arid lands. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 14, p. 4177–4193, 1 jul. 2015.

EMBRAPA. Cultivo do Sisal no Nordeste Brasileiro. **Circular Técnica**, v. 123, p. 1–24, 2008.

FERREIRA, G. B. *Agave sisalana*. **EMBRAPA ALGODÃO**, p. 0–4, 2002.

- FIGUEREDO-URBINA, C. J.; CASAS, A.; TORRES-GARCÍA, I. Morphological and genetic divergence between *Agave inaequidens*, *A. cupreata* and the domesticated *A. hookeri*. Analysis of their evolutionary relationships. **Plos One**, v. 12, n. 11, 2017.
- FRANCIA, E. R. C.; RIVERA, L. M. M.; GARCÍA, C. P. Contextualización socioambiental del agave en Socio-environmental contextualization of agave in Tonaya, Jalisco, Mexico. **Región y sociedad**, v. 29, n. 70, p. 71–102, 2017.
- GONDIM, T. M. DE S.; SOUZA, L. C. DE. Caracterização de Frutos e Sementes de Sisal. **Circular Técnica**, v. 127, p. 6, 2009.
- HARTEMINK, A. E. Input and Output of Major Nutrients Under Monocropping Sisal in Tanzania. **Land Degradation & Development**, v. 8, p. 305–310, 1997.
- IBGE. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 17 dez. 2021.
- LIMA, J. DA S.; COELHO NETO, A. S. Território do Sisal-Bahia: da difunditivismos sociais da precariedade ao fortalecimento dos Território. **Geografares**, v. 23, p. 51–71, 2017.
- LOCK, G. . **Sisal**. London: Longman, 1969.
- LUTTGE, U.; KLUGE, M.; BAUER, G. **Botanique, traité fondamental**. Paris: Lavoisier, TEC & DOC, 1991.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. . **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa de Potassa e de Fosfato, 1997.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2ª ed. London: Academic Press, 1995.
- MARTIN, A. R. et al. Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade *Agave sisalana*. **Polímeros**, v. 19, n. 1, p. 40–46, 2009.
- MEDINA, J. C. **O sisal**. 1. ed. São Paulo: Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, 1954.
- NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. New York: Academic Press., 1991.
- RAMBO, M. K. D. et al. Characterization of biomasses from the north and northeast regions of Brazil for processes in biorefineries. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 4, p. 605–611, 15 set. 2015.
- RAVEN, P. H.; EVERT, F. R.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6ª ed. Ro de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- SALGADO, A. L. DE B. et al. Adubação NPK e calagem na produção de massa verde e sementes de crotalária. **Bragantia**, v. 43, n. 2, p. 271–278, 1984.

SANTOS, A. F. J. et al. Diazotrophic bacteria associated with sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm): potential for plant growth promotion. **Plant and Soil**, v. 385, n. 1–2, p. 37–48, 2014.

SINCLAIR, T. R.; HORIE, T. Leaf Nitrogen, Photosynthesis, and Crop Radiation Use Efficiency: A Review. **Crop Science**, v. 29, p. 90–98, 1989.

SOUSA, E. J. S. **Ocupação e uso do solo pela cultura do Agave sisalana no Território de Identidade do Sisal – Semiárido da Bahia**. [s.l.] UFRB, 2015.

SPINACÉ, M. A. S. et al. Poliiolefinas reforçadas com fibras vegetais curtas: sisal x curauá. **Polímeros**, v. 21, n. 3, p. 168–174, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

VIEIRA, E. L. et al. **Manual de Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. São Luiz: EDUFMA, 2010.



## **CAPÍTULO 1**

### **DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE CULTIVO DE SISAL NA BAHIA <sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Journal of Agricultural Science, Qualis B1, fator de impacto 2,8, frequência de publicação mensal, site:

<https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jasf>.

## **DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO E FERTILIDADE DO SOLO**

### **EM ÁREAS DE CULTIVO DE *Agave sisalana* na Bahia**

**Autor: André Santos de Oliveira**

**Orientadora: Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares**

**Coorientador: Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega**

**Resumo:** A área colhida de sisal (*Agave sisalana* Perrine) no Brasil foi de aproximadamente 99 mil hectares em 2020, com uma produção em torno de 86 mil toneladas. Desse total, 94% foram produzidos no estado da Bahia, em municípios do semiárido, com elevado índice de pobreza. Este aspecto aumenta sua relevância no contexto socioeconômico da região. Compreender como funciona o sistema de produção dessa cultura, bem como as condições do manejo e fertilidade do solo, se torna importante para a produção sustentável dessa cultura na região Sisaleira da Bahia. Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de obter um diagnóstico do sistema de produção e das condições de fertilidade dos solos da área agrícola conhecida como região Sisaleira no estado da Bahia. Foram selecionados nove municípios com expressão na produção de sisal, e cinco áreas de produção por município, totalizando 45 áreas com cultivo de sisal, abrangendo uma extensão territorial de aproximadamente 90 mil hectares. Em cada propriedade, foram visitadas as lavouras, aplicados questionários semiestruturados aos proprietários e retiradas amostras de solo para determinação dos parâmetros de fertilidade. Os dados foram sistematizados e analisados com base em estatística descritiva. Em relação à divisão social do trabalho, a mão de obra masculina predomina nas etapas de plantio e desfibramento e a feminina no corte das folhas e secagem ao sol da fibra. Dos produtores entrevistados, 66% apresentam baixo índice de escolaridade, sendo 4% analfabetos, 58% com fundamental incompleto e 4% com fundamental completo, reflexo do elevado índice de pobreza da região. O sisal é uma cultura predominantemente de base familiar. Sobre os aspectos de manejo da cultura constatou-se que existem perdas significativas na produção de sisal, que envolve baixo nível tecnológico no manejo da cultura. Em relação à

fertilidade dos solos, as áreas apresentam uma fertilidade classificada como boa, porém com baixos teores de fósforo e potássio.

**Palavras-chave:** Sisal, manejo do solo, agricultura familiar, produção agrícola, fibra de sisal, lavouras de sisal.

## **DIAGNOSIS OF SOIL PRODUCTION AND FERTILITY SYSTEM IN AREAS OF CULTIVATION OF *Agave sisalana* IN BAHIA**

**Author:** André Santos de Oliveira

**Advisor:** Prof. Dr. Ana Cristina Fermino Soares

**Co-supervisor:** Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

**Abstract:** The harvested area of sisal (*Agave sisalana* Perrine) in Brazil was approximately 99,000 hectares in 2020, with a production of around 86,000 tons. Of this total, 94% were produced in the state of Bahia, in municipalities of the semi-arid region, with high poverty levels. This aspect increases its relevance in the socioeconomic context of the region. Understanding how the production system of this crop works, as well as the conditions of soil management and fertility, becomes important for the sustainable production of this crop in the Sisaleira region of Bahia. This study was developed with the objective of obtaining a diagnosis of the production system and soil fertility conditions of the agricultural area known as Sisaleira region in the state of Bahia. Nine municipalities with expression in sisal production and five production areas per municipality were selected, totaling 45 areas with sisal cultivation, covering a territorial extension of approximately 90,000 hectares. In each property, the sisal fields were visited, semi-structured questionnaires were applied to the owners and soil samples were taken to determine fertility parameters. The data were systematized and analyzed based on descriptive statistics. In relation to the social division of labor, it was found that the male labor predominates in the stages of planting and defibering and the female in the cutting of leaves and drying in the sun of the fiber. Of the interviewed farmers, 66% had a low level of education, being 4% illiterate, 58% with incomplete elementary school and 4% with complete elementary school, a reflection of the high poverty rate in the region. Sisal is a predominantly family-based cropping system. On the aspects of crop management, it was found that there are significant losses in the sisal cropping systems, which involve a low technological level in field crop management. In relation to soil fertility, the areas have a fertility classified as good, but with low phosphorus and potassium contents.

**Keywords:** Sisal, soil management, family farming, agricultural production, sisal fiber, sisal crops

## 1- INTRODUÇÃO

O sisal (*Agave sisalana* Perrine) é uma das culturas mais utilizadas para a extração de fibra natural dura no mundo, principalmente em países de clima tropical. O Brasil produz 38% da fibra de sisal exportada mundialmente, sendo o maior exportador, seguido da Tanzânia (16%), China (13%), Quênia (10%), Madagascar (8%), México (6%), Haiti (5%), Marrocos, África do Sul e Venezuela (1%) (FAO, 2022).

No Brasil, o sisal se destaca no setor primário com a produção de sisal como matéria prima para a extração da fibra, e no secundário, com o beneficiamento da fibra e classificação da qualidade, de acordo aos interesses do mercado externo, gerando emprego e renda para os trabalhadores rurais, pequenos e médios produtores da região Nordeste (SANTOS; SILVA, 2017). A fibra do sisal é utilizada na produção de fios, cordas, tapetes, bolsas e materiais de artesanato. Nos últimos anos, também está sendo usada em compósitos no setor automotivo e de construção civil. Em 2012, cerca de 5% dos compósitos fabricados na Europa incorporaram fibras naturais (BROEREN et al., 2017).

A região Nordeste do Brasil e, em especial a Bahia, destaca-se no cenário mundial de produção de fibra de sisal. Contudo, a decadência na produção da cultura nos últimos 10 anos é evidente. Quando se compara a produção em 2009 de 280.000 toneladas e 273.277 hectares plantados com sisal, com a produção de 2019 de 86.820 toneladas e 99.157 hectares plantados, a queda chega a 68% na produção e 63,7% na área plantada (FAO, 2021; SOARES et al., 2020). Os estados no Brasil responsáveis pela produção nacional são: Bahia (93%); Paraíba (4%) e Rio Grande do Norte (3%) (MAPA, 2019). Os fatores responsáveis pela queda na produção e área colhida de sisal no Brasil são: baixo nível tecnológico de toda a cadeia produtiva de sisal (plantio, colheita, desfibramento e beneficiamento), carência de desenvolvimento de pesquisa e tecnologias para o sisal, falta de mudas com qualidade nutricional, fitossanitária e genética, ausência de manejo de solo e água, baixo investimento no sistema de produção, questões trabalhistas e de comercialização da fibra (MAPA, 2019).

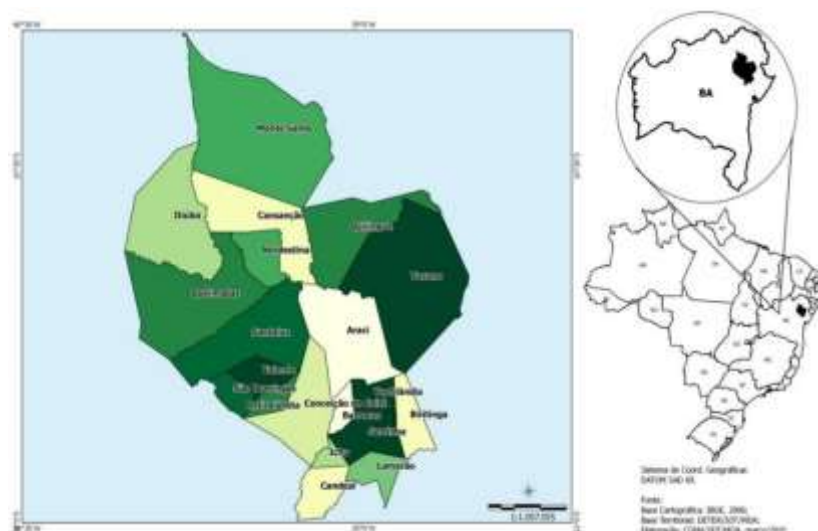
O sisal é uma planta originária de solos com melhores condições de fertilidade e pode exportar até 491 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), 100 de fósforo (P), 1067 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K), 1400 kg ha<sup>-1</sup> de cálcio (Ca) e 605 kg ha<sup>-1</sup> de magnésio (Mg), em um período de 24 anos de cultivo, conforme estudos realizados na Tanzânia (HARTEMINK, 2003). Por tonelada de fibra, o *Agave sisalana* exporta entre 27-33, 5-7, 59-69, 42-70 e 34 kg ano<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente, enquanto o Agave híbrido 11648 exporta 22-26, 3-4,30-44 e 79-83 kg ano<sup>-1</sup>, respectivamente (HARTEMINK, 2003).

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de fazer um diagnóstico sobre os aspectos limitantes relacionados ao manejo do sisal, por meio da aplicação de questionários e visitas às lavouras dos produtores.

## 2- MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área de estudo e amostragem do solo

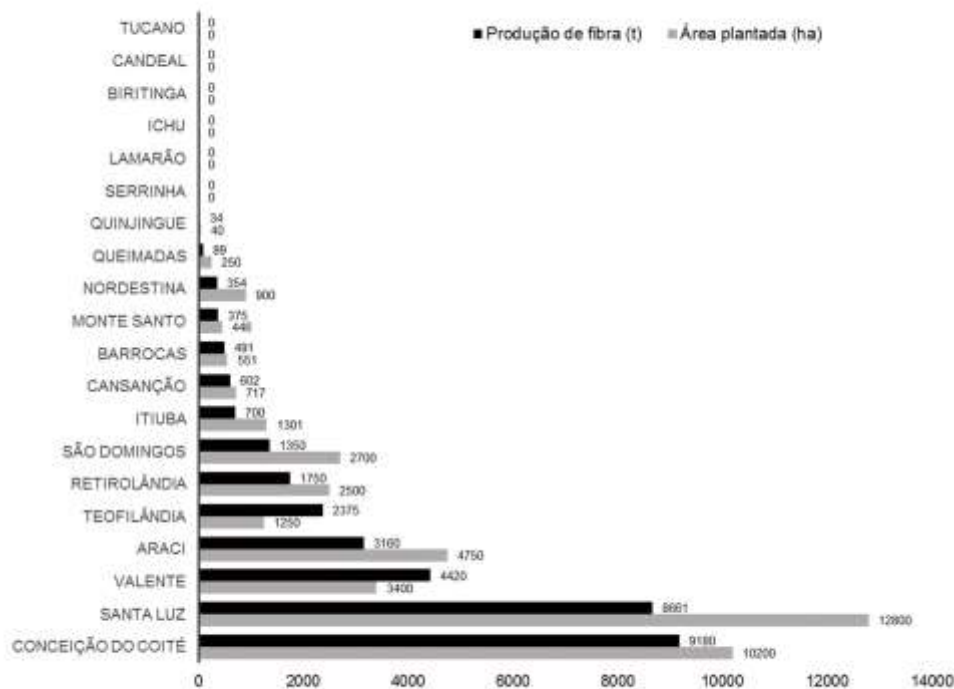
O estudo foi realizado em áreas de produção de sisal (*Agave sisalana*) no estado da Bahia, Nordeste do Brasil. A área considerada como Território de Identidade do Sisal (região Sisaleira) é constituída por 20 municípios: Araci, Barrocas, Biritinga, Candeal, Cansanção, Conceição do Coité, Ichu, Itiúba, Lamarão, Monte Santo, Queimadas, Retirolândia, São Domingos, Quijingue, Nordestina, Santaluz, Serrinha, Teofilândia, Tucano e Valente (Figura 1).



**Figura 1.** Localização da área de estudo (Região do sisal). Fonte: (CGMA, 2015).

Segundo a classificação climática de Koppen e Thornthwaite, o clima da região é predominantemente semiárido, com pluviosidade média anual entre 400 mm e 600 mm e caracteriza-se por não possuir uma estação chuvosa definida. A temperatura média anual gira em torno de 24,0°C (com máxima de 29,2°C e mínima de 20,2°C). A região está inserida no Bioma Caatinga, tendo como solos predominantes: Planossolo Háplico eutrófico solódico, Neossolo Regolítico eutrófico e Neossolo Litólico eutrófico (CUNHA et al., 2018).

A delimitação da área de estudo foi feita considerando como critério a expressão produtiva, área plantada em hectares, produção de fibra em toneladas por ano e representatividade geográfica (Figura 2). A partir desse critério, foram selecionados nove municípios: Conceição do Coité, Santaluz, Araci, Valente, Retirolândia, Nordestina, Barrocas, São Domingos e Cansanção. Em cada município foram selecionadas cinco propriedades representativas de produção do sisal e, em cada propriedade, foram aplicados questionários semiestruturados aos proprietários.



**Figura 2.** Produção de fibra em toneladas (t) e área plantada (ha) de sisal nos municípios da região Sisaleira no ano de 2016 (IBGE, 2021).

Também foram coletadas amostras compostas de solo, na profundidade de 0-20cm, em cada área visitada, totalizando 45 amostras de solo na área de

estudo, com uma amostra composta por área de produtor. Cada amostra composta foi formada a partir da mistura de 20 amostras simples, coletadas com trado tipo holandês. As amostras foram identificadas e o local de coleta georreferenciado. Após a coleta, as amostras foram levadas ao laboratório, para determinação de características químicas e físicas do solo.

## **2.2 Dos questionários**

Para elaboração do questionário foram formuladas questões relacionadas à faixa etária, educação, gênero, divisão social do trabalho, uso e ocupação do solo, sustentabilidade ambiental e ações relacionadas a produção do sisal na região Sisaleira (anexo 1).

Foram seguidas as recomendações da Unesco para pesquisas nesse perfil, que, dentre outros passos, propõem a realização e cruzamento de dados de uso e ocupação do solo, compartimentação ambiental e perfil dos entrevistados (UNESCO, 1997), utilizadas por outros autores (VASCONCELOS, 2005). No questionário, que mesclou questões abertas e fechadas, foi possível ao mesmo tempo obter dados qualitativos e quantitativos. Foi feita uma adaptação metodológica de uma técnica amplamente utilizada em pesquisas de saúde pública, para a análise qualitativa das informações colhidas nas perguntas abertas do questionário semiestruturado (UNESCO, 2001).

## **2.3 Determinação dos atributos químicos**

Foram determinados os seguintes atributos do solo: acidez ativa (pH em água), acidez potencial (H + Al),  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Al^{3+}$  trocáveis, P disponível, capacidade de troca de cátions efetiva (t) e potencial (T) e matéria orgânica do solo. Cada amostra composta foi analisada em duplicata, totalizando-se, assim, um banco de dados com 90 observações. Os procedimentos analíticos adotados no laboratório de análise de solo da UFRB seguiram os procedimentos descritos pela Embrapa (TEIXEIRA et al., 2017).

O pH em água foi determinado a partir do preparo de uma suspensão solo-água na relação 1:2,5 (v/v), a qual foi agitada (agitador orbital) por 15 minutos e deixada em repouso por 1 hora até o momento da leitura de pH. A acidez potencial (H+Al) foi determinada através da extração da acidez potencial do solo com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e titulação com solução de NaOH a

0,025 mol L<sup>-1</sup>, em presença de fenolftaleína como indicador.

Quanto aos cátions trocáveis (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>), estes foram extraídos em solução KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup> na relação solo-solução extratora de 1:10 (v/v). Utilizando-se frascos do tipo Erlenmeyer, com capacidade para 250 mL, a suspensão do solo foi agitada durante 15 minutos (agitador orbital) e deixada em repouso durante uma noite. Em uma alíquota do sobrenadante filtrado, Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> foram quantificados adicionando-se 4 ml do coquetel tampão (cianeto de potássio, trietanolamina e solução tampão), 30 mg de ácido ascórbico e três gotas do indicador negro de eriocromo, procedendo-se à titulação com solução de EDTA 0,0125 mol L<sup>-1</sup>. O Ca<sup>2+</sup> foi determinado através do mesmo procedimento de titulação, retirando-se outra alíquota do sobrenadante e acrescentando nele 3 ml de KOH a 10%, 30mg de ácido ascórbico e 30mg de ácido calconcarbônico + sulfato de sódio como indicador. Ainda do mesmo sobrenadante foi retirada a alíquota para determinação do Al<sup>3+</sup>, que foi titulada com solução de NaOH a 0,025 mol L<sup>-1</sup>, utilizando como indicador o reagente azul de bromotimol. O Mg<sup>2+</sup> foi determinado por diferença entre os valores de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> e Ca<sup>2+</sup>.

Utilizando o mesmo procedimento de extração, o K<sup>+</sup> trocável, e P disponível foram extraídos com uso da solução Mehlich-1. O K<sup>+</sup> foi quantificado em fotômetro de chama e o P pelo método colorimétrico em solução ácida de molibdato de amônio.

A partir da determinação dos teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup> e H +Al, foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva (t) e potencial (T). A capacidade de troca catiônica efetiva foi determinada pela soma de SB + Al e a CTC potencial pela soma de SB + acidez potencial (H + Al). A saturação por alumínio (m) foi obtida pela relação entre Al<sup>3+</sup> e t, e a saturação por bases (V) pela relação entre SB e T.

O teor de matéria orgânica do solo (MOS) foi determinado pelo método colorimétrico após digestão do solo com solução ácida (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado) de dicromato de sódio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>).

## **2.4 Análise estatística**

Os dados obtidos a partir dos questionários foram analisados por análise estatística descritiva (mínimo, máximo, média, mediana e desvio-padrão). Para os dados das amostras de solo foram determinadas a distribuição de frequência para cada atributo do solo analisado. Os intervalos e amplitudes das classes nas



distribuições de frequência foram estabelecidas com base nos intervalos comumente empregados nos valores interpretativos do manual de recomendação de calagem e adubação do estado de Minas Gerais. Para fins de comparação, foram considerados os valores de classificação média nos parâmetros interpretativos de análise de solo. As análises estatísticas e construção dos gráficos foram realizadas com o programa Sigma Plot e Excel.

### **3- RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Gênero, faixa etária e nível de escolaridade dos trabalhadores**

A compreensão das relações sociais do trabalho dentro de uma cadeia de produção permite visualizar, entre outras coisas, o impacto da divisão do trabalho na relação homem e mulher no campo. Além disso, na sustentabilidade dos ecossistemas também deve-se levar em consideração os papéis sociais, baseados na identidade de gênero construída socialmente (SANTOS, 2016).

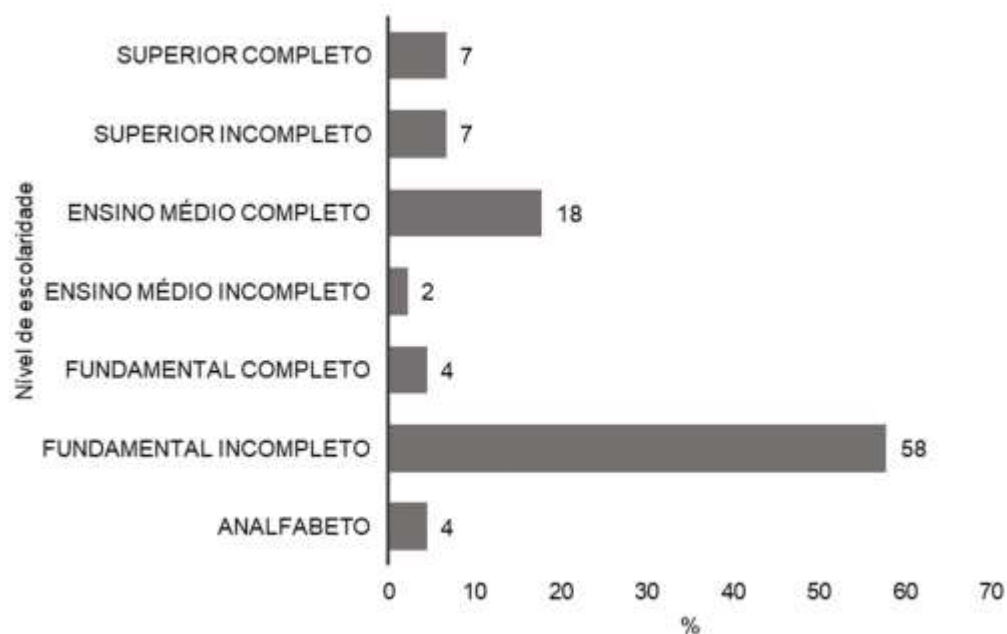
No presente estudo, do total de 45 trabalhadores rurais entrevistados, 84% eram homens e 16% mulheres. Tanto homens quanto mulheres desempenham as mesmas funções no campo com o sisal, exceto na etapa de desfibramento das filhas, na qual predominam os homens. No entanto, há predomínio da mão de obra feminina no corte das folhas, secagem da fibra de sisal e coleta da fibra após a secagem, para encaminhamento às indústrias. A mão de obra masculina predomina nas etapas de plantio e desfibramento. Apesar da presença da mão de obra feminina em todas as propriedades, a gestão dos negócios fica a cargo do esposo, mesmo quando a mulher é proprietária da lavoura. Em um encontro de mulheres do semiárido nordestino, promovido pela Cáritas Brasileira, uma organização da Conferência Nacional dos Bispos do Brasil (CNBB), foi gerada uma carta na qual as mulheres declaram que “mesmo que tenhamos um papel fundamental na agricultura familiar, nosso trabalho é desvalorizado e invisibilizado, criando a falsa ideia de que não somos economicamente ativas, fato que dificulta nosso reconhecimento como profissional, conseqüentemente, impede a garantia de direitos como o salário-maternidade e aposentadoria” (CÁRITAS BRASILEIRA, 2018).

Estudos indicam que, por questões de vulnerabilidade financeira, as mulheres de famílias mais pobres entram mais cedo no mercado de trabalho. Dessa forma, a mulher que cuidava somente das tarefas do lar passa a ter uma dupla

jornada de trabalho (Baylão e Schettino, 2014; Brandão, Borges e Barbosa, 2016), embora o reconhecimento econômico da capacidade produtiva feminina no campo seja ainda desigual em relação à dos homens.

No presente estudo, 62% dos entrevistados apresentaram ensino fundamental incompleto e 4% não eram alfabetizados (Figura 3), fato que demonstra o baixo índice de escolaridade da população rural dessa região. A porcentagem dos que concluíram o ensino fundamental e médio chega a 24%, enquanto os que apresentavam ensino superior incompleto ou concluído é de 14%.

Embora haja impacto direto do sistema de produção da cultura do sisal na permanência dos agricultores no campo, essa permanência se dá sob condição de baixa remuneração e qualidade de vida. A taxa de alfabetização atua de forma direta nas inovações tecnológicas e no subsídio de mão de obra qualificada para o processo de avanço econômico e social. Com isso, é possível verificar, através de indicadores, uma relação direta entre os anos de escolaridade e a melhoria de qualidade de vida dos indivíduos de uma sociedade (KELEN et al., 2018).

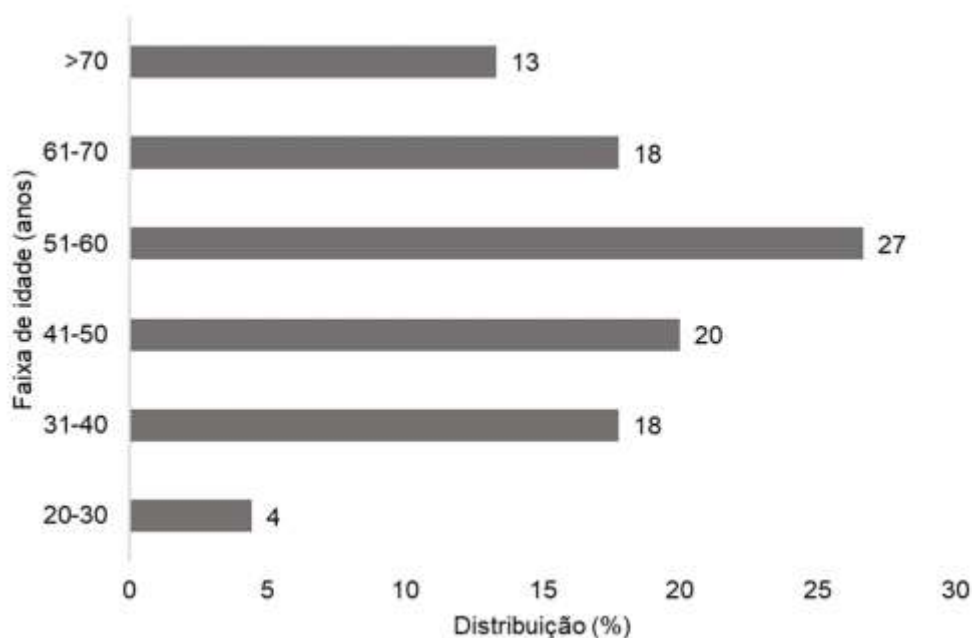


**Figura 3.** Nível de escolaridade dos trabalhadores na cadeia produtiva do sisal na Bahia.

Em condições de campo foi possível verificar que muitos cursos são oferecidos pelas instituições que promovem a extensão rural, porém as tecnologias difundidas para melhoria do sistema de produção do sisal, muitas vezes não são colocados em prática devido à dificuldade de entender e executar o que foi

apresentado. Neste sentido não podemos desconsiderar o nível de escolaridade quando são discutidas as políticas econômicas, sociais e de natureza técnica e quando se busca a melhoria dos sistemas produtivos na região Sisaleira da Bahia. A educação é um fator importante na vida das pessoas, que facilita o processo de desenvolvimento individual e profissional, bem como a construção de projetos para melhoria do meio em que vivem (BEZERRA; VERÁSTEGUI, 2017; FREIRE, 1967; VOOS et al., 2014).

No que diz respeito à idade dos trabalhadores, 58% apresentaram idade maior que 50 anos e 42% com idade inferior a 50 anos (Figura 4). Se forem considerados os que se enquadram abaixo de 30 anos, tem-se apenas 4% do total. Assim, pode-se constatar que a maioria absoluta dos entrevistados tem idade maior que 50 anos. Entretanto, apesar do envelhecimento da população no campo ser uma preocupação do ponto de vista da sustentabilidade das forças produtivas no meio rural, quando os donos das lavouras foram questionados se os jovens trabalham na lavoura, 90% dos entrevistados declararam que sim, sendo uma atividade de base familiar.



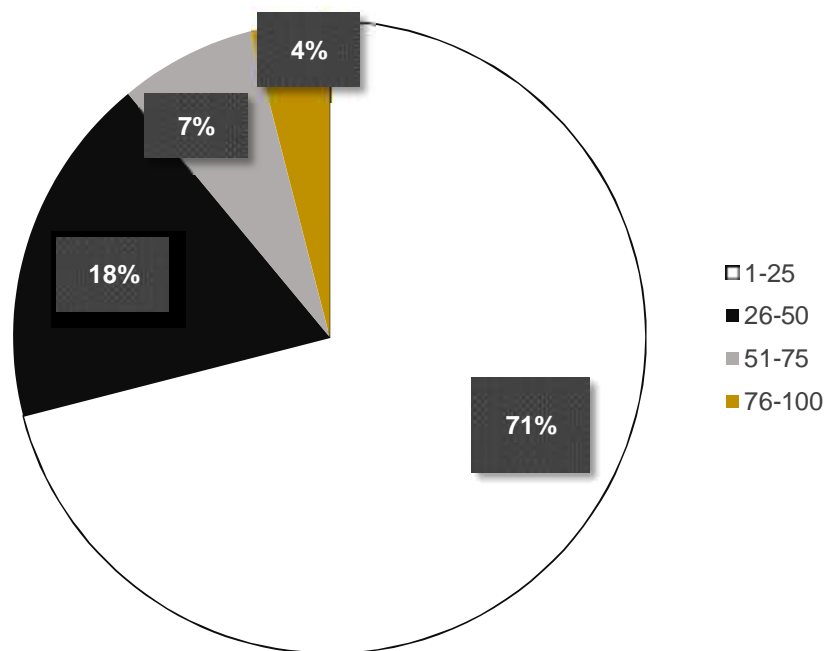
**Figura 4.** Distribuição por faixa etária dos trabalhadores na cadeia produtiva do sisal na Bahia.

Mesmo sendo identificada a participação dos jovens na produção de sisal, ficou clara a necessidade de ações que estimulem cada vez mais o jovem a permanecer no campo, através de políticas de incentivo econômico, tecnológico e

cultural, de forma a garantir melhor qualidade de vida e oportunidades de trabalho no campo.

### 3.2 Caracterização das condições de produção do sisal na região Sisaleira

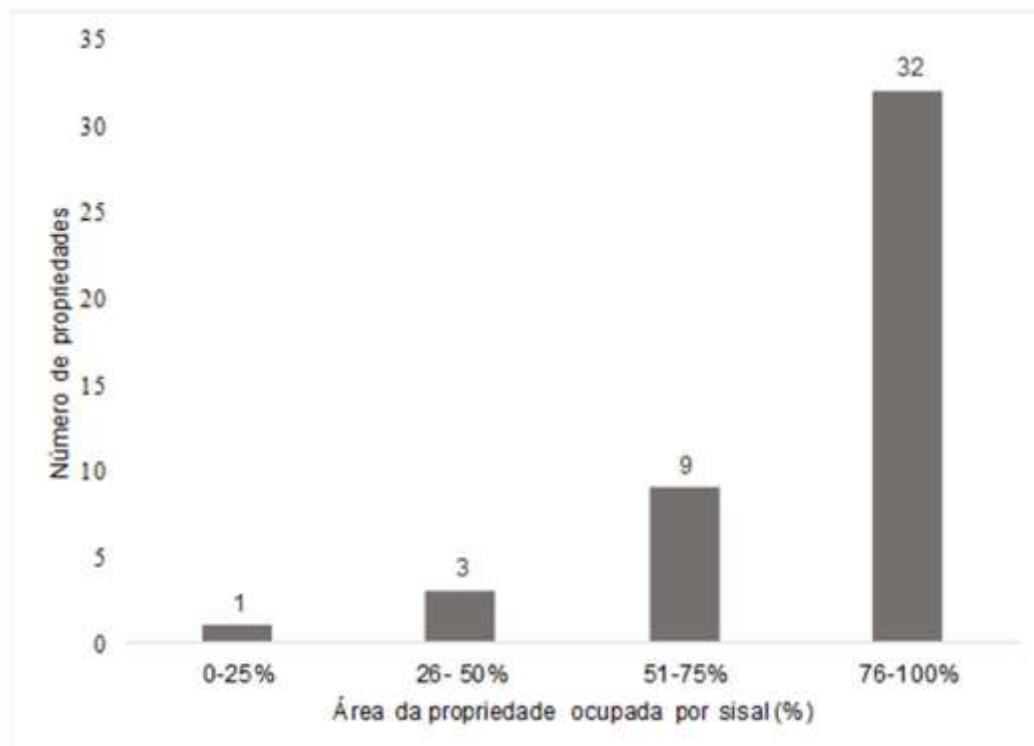
O módulo fiscal é a medida usada no Brasil para determinar a área mínima para que uma família sobreviva e consiga desenvolver suas forças produtivas no campo. Para o Território de Identidade do Sisal, o módulo fiscal é de 50 ha (INCRA, 2018). Entre as propriedades pesquisadas, 89% apresentaram área inferior a 50 ha e 11% igual ou acima a 50 ha (Figura 5). Essa característica de propriedades com pequenas áreas pode resultar no uso intensivo dos recursos naturais (solo e planta), de modo que, se não for devidamente planejado, através dos estudos da capacidade de uso da terra, poderão de forma gradativa ocasionar perdas desses recursos (VEZZANI E MIELNICZUK, 2009).



**Figura 5.** Distribuição das propriedades por tamanho na região Sisaleira da Bahia.

Quanto à área ocupada em cada propriedade com o cultivo do sisal (Figura 6), verifica-se que 32 propriedades tem a cultura ocupando entre 76 e 100% da área total da propriedade e, em apenas 11 propriedades, a ocupação era menor

que 75% da sua área total. Sendo esta, uma atividade com relevante impacto econômico para os produtores, há necessidade de planejar o uso da terra de forma sustentável (NÓBREGA et al., 2012). Neste sentido, a exploração desta cultura, observando a capacidade de sustentação do sistema agrícola pelo solo, representa um desafio para estes produtores.

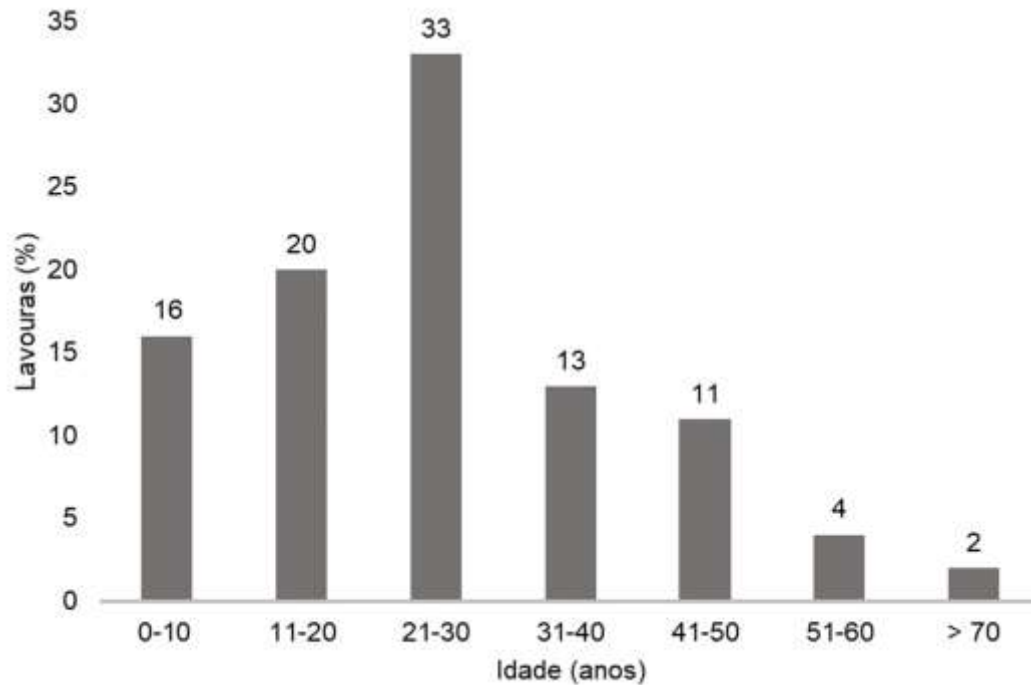


**Figura 6.** Distribuição das propriedades por faixa de ocupação da cultura do sisal.

Estudos envolvendo avaliações sobre a cobertura vegetal, topografia, drenagem e características de qualidade do solo, possibilitam o conhecimento sobre o meio físico da propriedade, de forma que os produtores possam garantir a sustentabilidade de suas lavouras (CAMPOS et al., 2010).

Em relação à idade das lavouras, 16% das propriedades apresentaram plantios com idade de até 10 anos e 84% apresentavam plantios com idade acima de 10 anos, inclusive algumas com mais de 70 anos (Figura 7). A diferença entre as idades da cultura no campo reflete diretamente na sua produtividade. De acordo com informações dos produtores, as plantas apresentam ápice produtivo até os 10 anos de idade. No sistema tradicional de plantio, os rebentos não são arrancados e o plantio vai se renovando com os rebentos, sem uma definição de espaçamento

correto e número de plantas por hectare. Somente é feito o replantio de plantas que morreram, usando mudas de rebentos, sem qualidade fitossanitária, nutricional e sem uniformidade. Para fins agrônômicos, a cultura precisa ter seu ciclo produtivo bem definido, para se obter maior produtividade e controlar a infestação de pragas e doenças.



**Figura 7.** Classificação em percentagem das 45 lavouras visitadas por faixa de idade em anos

Em condições de campo (Figura 8) foi possível verificar que nas áreas de plantio com solos de textura mais arenosa e sem nenhuma prática de manejo da cultura há maior mortalidade de plantas e queda na produção de folhas, em comparação às áreas de plantio em solos mais argilosos, com a adoção de um mínimo de práticas de manejo, tais como: desbaste dos rebentos em excesso, condução do espaçamento entre plantas, retirada e queima de plantas doentes.



Lavoura cultivada em solo arenoso com alta taxa de mortalidade das plantas, Santaluz, 2019.



Lavoura cultivada em solo argiloso, com baixa taxa de mortalidade das plantas, Santaluz, 2019.



Lavoura cultivada sem nenhuma prática de manejo da cultura, Retirolândia, 2019.



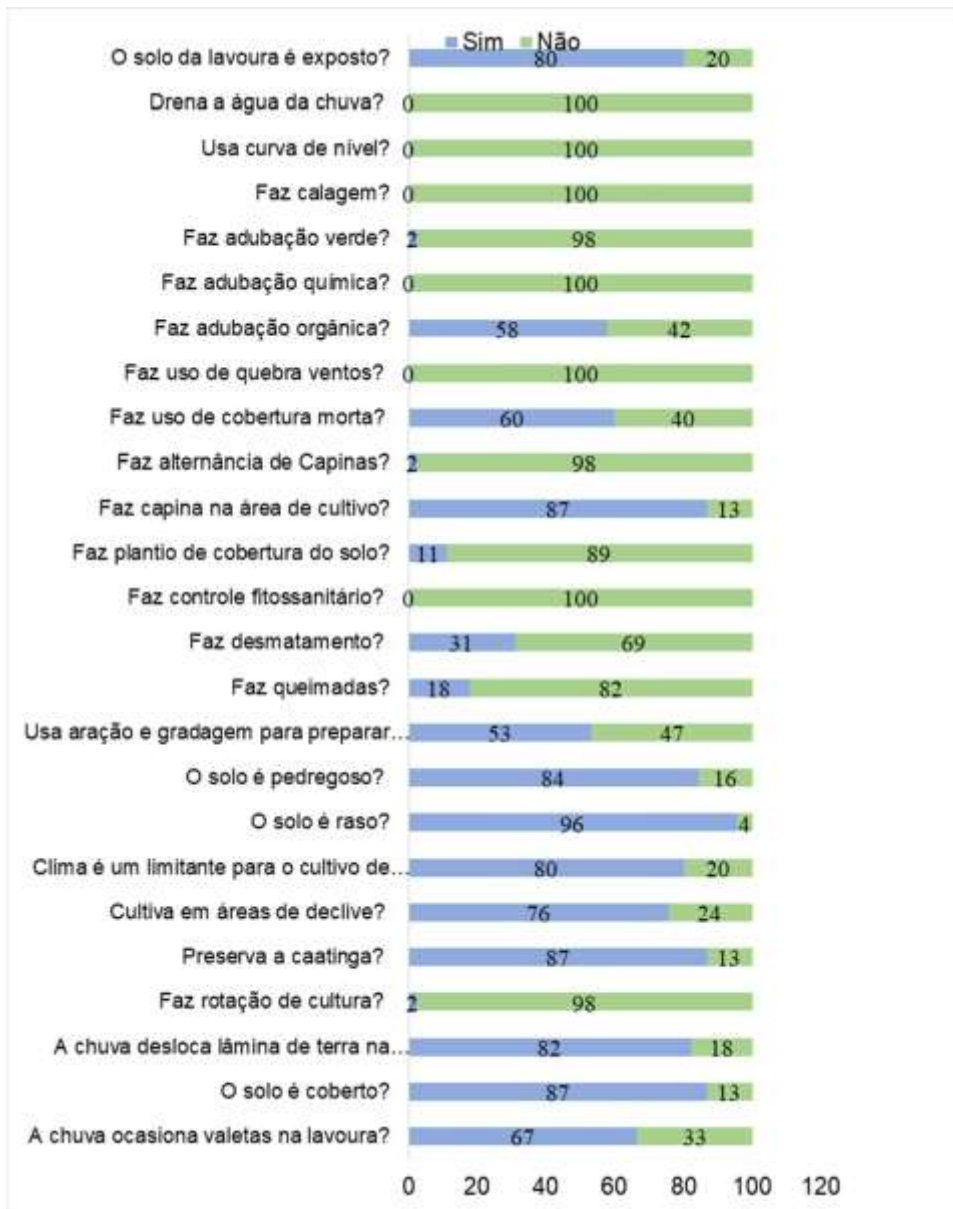
Lavoura cultivada sob práticas de: desbaste dos rebentos em excesso, condução do espaçamento entre plantas, retirada e queima de plantas doentes, Santaluz, 2019.

**Figura 8.** Áreas de *Agave sisalana* em solos arenosos e argilosos com adoção ou não de práticas de manejo na região Sisaleira da Bahia.

No que diz respeito ao uso de práticas de manejo e conservação dos solos, 100% dos produtores entrevistados afirmaram que não fazem uso de práticas conservacionistas do solo e da água, de correção da fertilidade do solo e de controle fitossanitário de pragas e doenças (Figura 9). A ausência no uso de práticas conservacionistas, associada ao uso de solos pedregosos (84%) e rasos (96%) contribui para intensificação da degradação dos solos de forma a comprometer a sustentabilidade da cultura ao longo do tempo.

O fato da maioria dos solos serem rasos e pedregosos sugere que o uso de práticas como curva de nível e cobertura do solo tornam-se fundamentais no sentido de diminuir as perdas de solo e água por erosão hídrica. No levantamento foi possível observar que se trata de um sistema de produção rudimentar, quase que extrativista, com uso apenas do resíduo do próprio sisal como fonte de adubação, mas sem qualquer tratamento deste resíduo ou critério de dosagens

aplicadas no solo, contribuindo para os baixos rendimentos da lavoura e altos índices de mortalidade de plantas.



**Figura 9.** Porcentagem de propriedades que adotam ou não práticas de manejo e conservação do solo nas áreas de produção de sisal na Bahia.

O processo de degradação do solo induzido pela ação humana é a principal causa da redução da produtividade de cultivos em muitos solos. O declínio da fertilidade do solo é resultado da remoção de nutrientes pelos sistemas de produção agrícola através das colheitas em comparação com os ecossistemas naturais. Se os nutrientes removidos pela colheita não forem restituídos pelo intemperismo, ciclagem e uso de fertilizantes minerais e orgânicos, os solos sob cultivo



permanente se deteriorarão (BAUTISTA-CRUZ et al., 2007). Estudos com *Agave sisalana* na África Oriental demonstraram que o manejo ineficaz da fertilidade do solo resultou na expressiva redução da produção, repercutindo em sérios prejuízos econômicos (HARTEMINK, 1997a, 1997b; HARTEMINK; BRIDGES, 1995).

Em relação à fertilidade do solo, apresenta-se na Tabela 1 a estatística descritiva (mínimo, máximo, média, mediana e desvio-padrão) para cada atributo do solo.

**Tabela 1.** Estatística descritiva dos atributos da fertilidade do solo (mínimo, máximo, média, mediana e desvio padrão).

Atributo	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio padrão
pH solo	5,05	6,77	5,86	5,86	0,44
Al <sup>3+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,00	0,15	0,02	0,00	0,03
H+Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,90	5,40	3,84	3,50	0,67
P (M1 <sup>3</sup> )(mg dm <sup>-3</sup> )	4,00	34,20	14,43	9,10	8,66
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	27,30	284,70	97,07	58,50	62,69
Ca <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,10	11,50	6,80	6,50	3,18
Mg <sup>2+</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,20	6,30	2,67	1,90	1,36
SB (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,55	17,88	9,71	10,47	4,24
t (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,55	17,88	9,73	10,62	4,25
T (cmolc dm <sup>-3</sup> )	7,45	22,18	13,56	15,84	4,63
V (%)	47,65	83,97	68,02	69,70	9,51
m (%)	0,00	1,41	0,16	0,00	0,28
MOS (g kg <sup>-1</sup> )	2,10	3,90	2,88	2,80	0,55
Teor de argila (%)	5,50	29,50	16,59	18,80	6,94

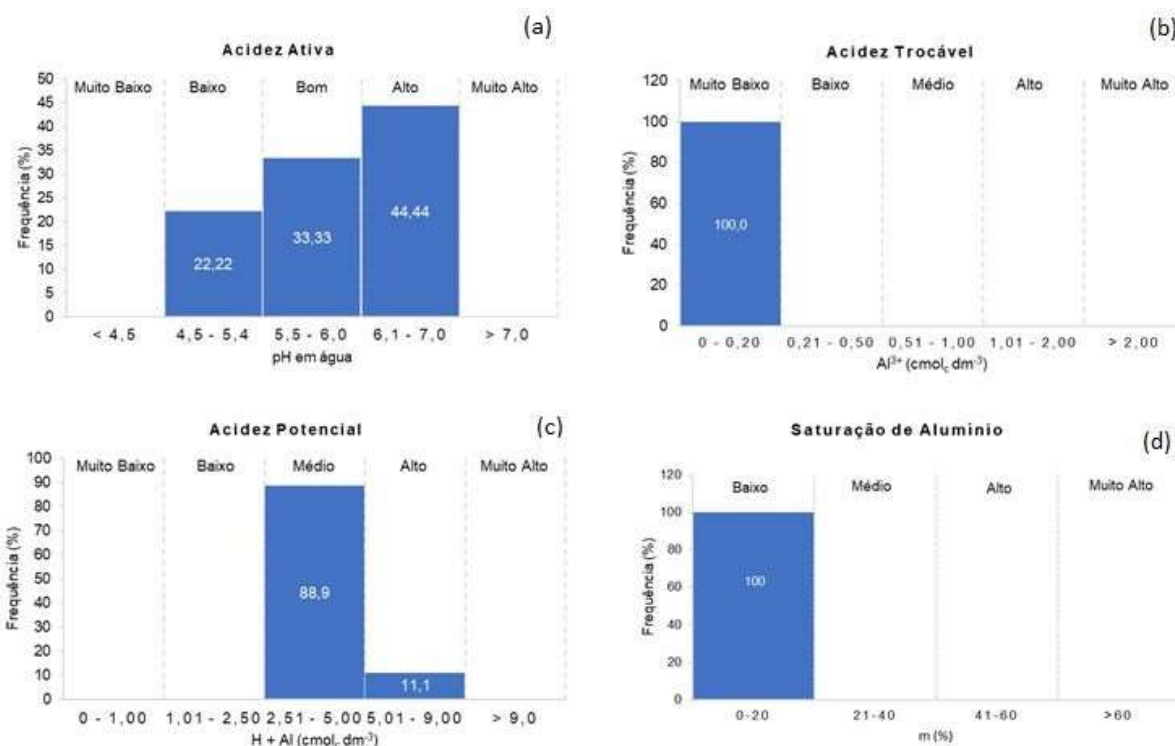
Considerando-se o valor máximo (6,77), médio (5,86) e mediana (5,86) do pH do solo (Tabela 1), estes solos encontram-se dentro da faixa considerada ideal, pois o sisal exige pH de 5,5 a 6,5. Entretanto, para as áreas cujos valores estão próximos do mínimo (5,05), deve ser feita a correção com aplicação de calcário dolomítico, 60 dias antes do plantio das mudas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Na Figura 10a são apresentadas as distribuições de frequência para os componentes da acidez do solo. O pH em água (acidez ativa) médio foi 5,86 (mediana = 5,86), variando de 5,05 a 6,77. A maior parte das amostras tiveram o pH bom (5,5 a 6,5) e alto (6,1 a 7,0). Foi verificado que 78% das amostras estavam na faixa adequada de pH (5,5 a 6,5); em 44% das áreas o pH estava

acima de 6,5 e em 22,22% abaixo de 5,5. Não foram encontradas amostras com valores de pH superiores a 7,0.

Em relação a acidez trocável (Figura 10b), 100% das amostras analisadas encontravam-se na faixa de  $\text{Al}^{3+}$  entre 0 e  $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Em relação à acidez potencial (H+Al) (Figura 10c), as amostras apresentaram acidez potencial classificada como média e alta. Foi verificado ainda que 88,9% das áreas apresentavam acidez potencial média (entre 2,51 e  $5,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e 11,1%, entre 5,01 e  $9,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , com acidez potencial alta. A acidez potencial corresponde à capacidade tampão do solo, estando correlacionada ao teor de matéria orgânica do solo e à mineralogia da fração argila (GUEDES; PIRES, 2018). Para a cultura do sisal, tanto o pH quanto a acidez trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), na maioria das amostras, estavam na faixa ideal. A acidez trocável (Figura 10b) foi considerada muito baixa ( $<0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) devido a neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  (SADE et al., 2016). Em 100% das amostras, o  $\text{Al}^{3+}$  trocável foi menor que  $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e, em 98% das amostras o  $\text{Al}^{3+}$  não foi detectado pelo método titulométrico, o que resultou em uma saturação por alumínio baixa (Figura 10d). Solos da Caatinga são naturalmente pouco ácidos em função da baixa lixiviação de bases (VIDALETT, 2018).

Dessa forma, alterações no pH em áreas de cultivo de sisal poderão ocorrer, principalmente, devido à condição de alta ou baixa lixiviação, menor ou maior consumo de bases e decomposição da matéria orgânica do solo (SOUZA; MACÊDO; SILVA, 2015; VILLELA, 2013). Como consequência, a redução do pH poderá levar a um aumento exponencial do  $\text{Al}^{3+}$  trocável, o qual, ao sofrer hidrólise contribui para a acidez no solo (MARSCHNER, 1995).

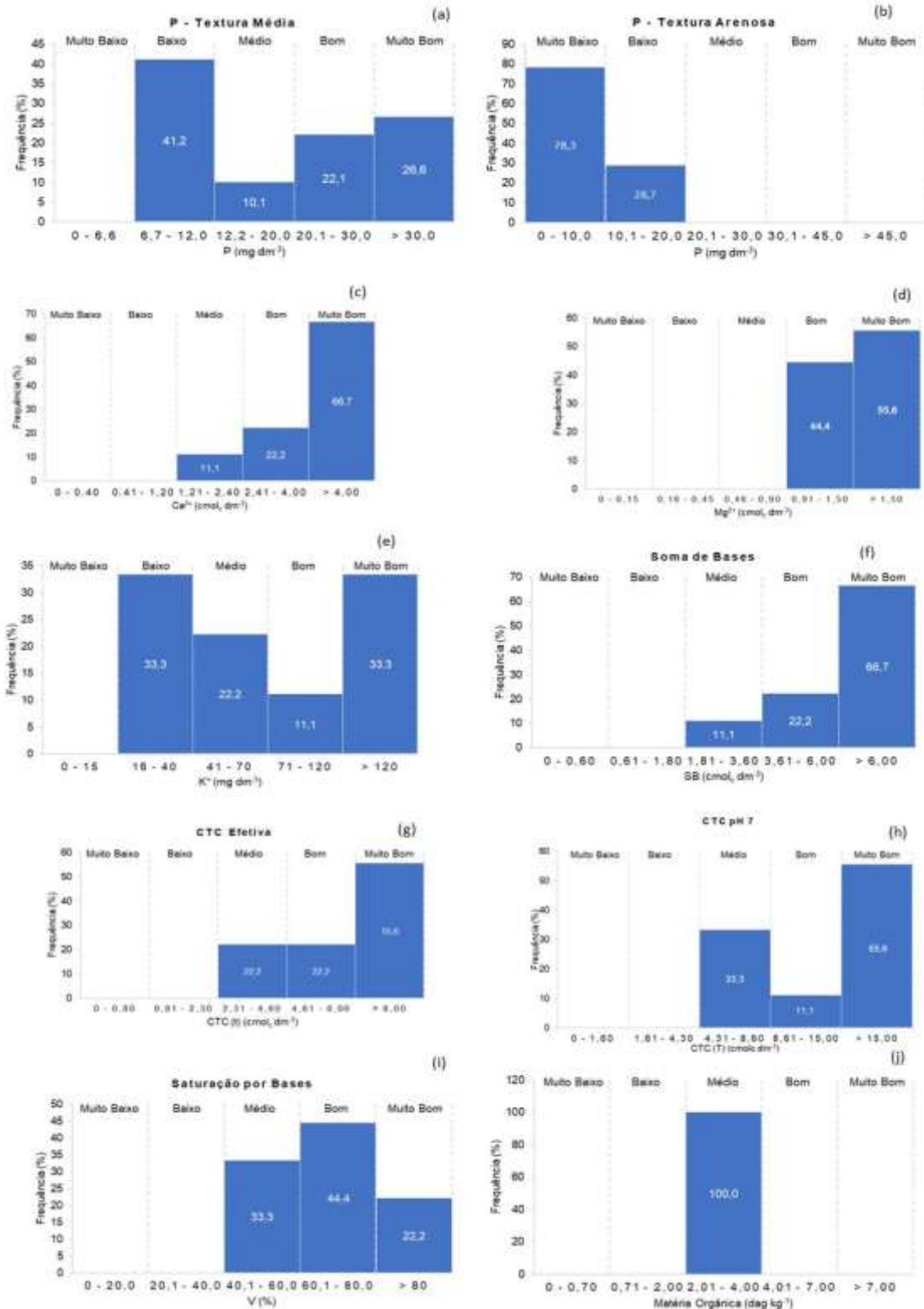


**Figura 10.** Distribuição dos componentes da acidez do solo na região Sisaleira da Bahia.

O fósforo (P) apresentou valores de mínimo e máximo de 4,00 e 34,20 mg dm<sup>-3</sup> respectivamente (Tabela 1). A necessidade de suplementação deve ser de acordo com a disponibilidade do nutriente no solo analisado. Nas áreas com valores na faixa do mínimo, a orientação é de que haja uma suplementação via adubação de 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nas áreas em que os valores quantificados estavam próximo da média (14,43 mg dm<sup>-3</sup>) recomenda-se a suplementação de 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e nas áreas cujos valores se encontravam em torno da mediana (9,10 mg dm<sup>-3</sup>) recomenda-se uma suplementação via adubação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na cova para plantio, o que poderá aumentar significativamente a produtividade da planta (SEAGRI, 1989; MALAVOLTA, 2006; EMBRAPA, 2008).

Na Figura 11 são apresentados os teores de P disponível, divididos quanto aos critérios de interpretação para solos de textura média (Figura 11a) e arenosa (Figura 11b). O valor da mediana para P disponível foi 9,10 mg dm<sup>-3</sup>, com variação de 4,0 a 34,20 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 1). A depender da textura do solo, o manejo da

adubação fosfatada poderá ser diferente.



**Figura 11.** Distribuição dos teores de P, Ca, Mg, K, SB, CTC (t), CTC (T), V% e matéria orgânica dos solos da região Sisaleira da Bahia, conforme os critérios de interpretação do manual de calagem e adubação de Minas Gerais.

Em solos de textura média, 41,2% das áreas amostradas apresentaram baixo teor de P, sendo 10,1% com teor médio, 22,1% com teor bom e 26,6% com teor muito bom (Figura 11a). Nos solos de textura arenosa (Figura 11b) 78,3% apresentaram teor de P muito baixo e 28,7% com teor baixo. Considerando todas as áreas amostradas, a maioria das áreas encontram-se com teores de P muito baixos a baixos. A depender da textura do solo, o manejo da adubação fosfatada muda de forma considerável nas quantidades a serem aplicadas.

Em relação ao macronutriente  $K^+$  (Tabela 1) houve uma amplitude considerável, com 27,30  $mg\ dm^{-3}$  de valor mínimo e 284,30  $mg\ dm^{-3}$  de valor máximo, resultando na necessidade de suplementação, de acordo com a disponibilidade do nutriente no solo. Nas áreas com valores na faixa do mínimo recomenda-se uma suplementação via adubação de 35  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$ . Nas áreas com valores próximo da média (97,07  $mg\ dm^{-3}$ ) recomenda-se suplementação de 15  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  e para os valores que se encontram em torno da mediana (58,50  $mg\ dm^{-3}$ ) recomenda-se uma suplementação via adubação de 25  $kg\ ha^{-1}$  de  $K_2O$  (SEAGRI, 1989).

Considerando todas as amostras analisadas, 98% apresentaram teor de  $Al^{3+}$  igual a zero. Em relação à textura, 57% dos solos apresentaram textura arenosa (0 a 150  $g\ kg^{-1}$  de argila) e 43% das áreas apresentam textura média (151 a 350  $g\ kg^{-1}$ ).

Em relação aos teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  (Figuras 11c e 11d, respectivamente) observou-se que estavam elevados ou em níveis satisfatórios, na maioria das áreas estudadas. Em 88,9% das áreas, os teores de  $Ca^{2+}$  estavam acima do nível médio (Figura 11c) e 100% das áreas apresentaram níveis de  $Mg^{2+}$  (Figura 11b) acima do nível médio, portanto, satisfatórios. Constatou-se, portanto, que esses nutrientes não são limitantes para o desenvolvimento do sisal na região Sisaleira da Bahia, indicando que não há necessidade do uso de calcário nessa região.

Em relação ao teor de  $K^+$  trocável no solo, 33,3% das amostras apresentaram teores muito baixos a baixos (< 40  $mg\ dm^{-3}$ ), 22,2% apresentaram teores médios e 44,4% com teores acima do nível médio, variando de 71 a >120  $mg\ dm^{-3}$  (Figura 11e). Portanto, 55,7% das amostras de solo tinham o  $K^+$  abaixo do teor médio (70  $mg\ dm^{-3}$ ) e 33,3% tinham teores de  $K^+$  elevados.

Em relação a soma de bases (SB) (Figura 11f) e da saturação por base (V%) (Figura 11i), 88,9% e 66,7% das áreas analisadas apresentaram valores de SB e V% acima do nível médio, respectivamente. Portanto, uma parte considerável dos solos estudados apresentaram fertilidade adequada ao cultivo do sisal.

A maioria dos solos amostrados na região Sisaleira (55,6%) apresentaram CTC efetiva e potencial muito bons (Figura 11g e 11h). Adicionalmente, 77,8% das amostras de solo apresentaram CTC efetiva acima do nível médio (4,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e 66,7% apresentaram CTC potencial acima de 8,6 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>, que é nível considerado bom. Esses resultados indicam que os solos têm alta capacidade para reter cátions em forma trocável. Pode-se dizer que esses são solos bons para o cultivo e nutrição das plantas de sisal.

Sobre o teor de matéria orgânica, 100% dos solos analisados apresentaram teor de matéria orgânica na faixa do nível médio (Figura 11j). De modo geral é possível inferir que os cultivos de sisal apresentam aporte satisfatório de matéria orgânica, podendo ser um dos fatores responsáveis pelo aumento da capacidade de troca de cátions dos solos estudados.

#### **4 – CONCLUSÕES**

Em relação a divisão social do trabalho, a mão de obra masculina predomina nas etapas de plantio e desfibramento e a feminina predomina nas etapas do corte das folhas e secagem da fibra.

Foi constatada a baixa escolaridade dos produtores entrevistados, sendo reflexo do elevado índice de pobreza da região.

O sisal é uma cultura predominantemente de base familiar.

Sobre os aspectos de manejo da cultura, conclui-se que existem perdas significativas na produção de *Agave sisalana* devido ao baixo nível tecnológico no manejo da cultura.

Majoritariamente, os solos são rasos e pedregosos, sem cobertura, expostos às condições do clima e aos agentes erosivos, acentuando as perdas e diminuindo a qualidade do solo.

Em relação a fertilidade dos solos, as áreas apresentam uma fertilidade classificada como boa, porém com baixos teores de fósforo e potássio.

## 5 – BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BAUTISTA-CRUZ, A. et al. Soil fertility properties on Agave angustifolia Haw. plantations. **Soil & Tillage Research**, v. 96, n. 1–2, p. 342–349, 2007.

BAYLÃO, A. L. DA S.; SCHETTINO, E. M. O. **A Inserção da Mulher no Mercado de Trabalho Brasileiro**. XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Anais...**Londrina: Anais do III Simpósio, 2014Disponível em: <<http://www.ubmulheres.org.br/paginas>>. Acesso em: 19 out. 2018

BEZERRA, P. S.; VERÁSTEGUI, R. L. A. As esferas pública e privada: reflexões sobre o papel da educação. **Revista Debates**, v. 11, n. 2, p. 99–112, 2017.

BRANDÃO, T. F. B.; BORGES, J. R. P.; BARBOSA, L. C. B. G. O protagonismo feminino: um caso de convivência sustentável com o Semiárido nordestino no Brasil. **Sustentabilidade em debate**, v. 7, n. Edição especial, p. 169–181, 2016.

BROEREN, M. L. M. et al. Life cycle assessment of sisal fibre – Exploring how local practices can influence environmental performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, n. 2017, p. 818–827, 2017.

CAMPOS, S. et al. Sistema de informações geográficas aplicado à espacialização da capacidade de uso da terra. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 40, n. 2, p. 174–179, 2010.

CÁRITAS BRASILEIRA. **Carta das mulheres do semiárido**. Disponível em: <<http://caritas.org.br/apos-encontro-mulheres-do-semiarido-brasileiro-lancam-carta/29720>>. Acesso em: 17 out. 2018.

CGMA. **Perfil do Território do Sisal**. Disponível em: <[http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno\\_territorial\\_043\\_Do\\_Sisal\\_BA.pdf](http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno_territorial_043_Do_Sisal_BA.pdf)>. Acesso em: 2 fev. 2021.

CUNHA, T. J. F. et al. **Árvore do conhecimento: Território do Sisal (Clima e Relevo)**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_sisal/arvore/CONT000fckg3dhc02wx5eo0a2ndxysgwblfi.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckg3dhc02wx5eo0a2ndxysgwblfi.html)>. Acesso em: 6 out. 2018.

EMBRAPA. Cultivo do Sisal no Nordeste Brasileiro. **Circular Técnica**, v. 123, p. 1–24, 2008.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª edição ed. Distrito Federal: EMBRAPA, 2017.

FAO. **Crops and livestock products**. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FREIRE, P. **Educação Como Prática da Liberdade**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967.

GEORGE, K. R. A taxonomic revision of the genus Agave ( Agavaceae ) in the Lesser Antilles , with an ethnobotanical hypothesis. **Brittonia**, v. 52, n. 1913, p. 218–233, 2000.

- GERALDO-CAÑA, D. Una nueva especie de Agave ( Asparagaceae ) de Colombia y una clave taxonómica para las especies sudamericanas. **Caldasia**, v. 39, n. 1, p. 33–49, 2017.
- GUEDES, L. G.; PIRES, A. C. D. **Elementos da natureza e propriedades do solo**. [s.l: s.n.]. v. 6
- HARTEMINK, A. E. Soil fertility decline in some Major Soil Groupings under permanent cropping in Tanga Region, Tanzania. **Geoderma**, v. 75, p. 215–229, 1997a.
- HARTEMINK, A. E. Input and Output of Major Nutrients Under Monocropping Sisal in Tanzania. **Land Degradation & Development**, v. 8, p. 305–310, 1997b.
- HARTEMINK, A. E. **Soil fertility decline in the tropics: with case studies on plantations**. Cambridge: CABI publishing, 2003.
- HARTEMINK, A. E.; BRIDGES, E. M. The influence of parent material on soil fertility degradation in the coastal plain of Tanzania. **Land Degradation & Development**, v. 6, n. 4, p. 215–221, dez. 1995.
- IBGE. **Produção agrícola municipal**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 17 dez. 2021.
- INCRA. **Incra | Tabela com módulo fiscal dos municípios**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/tabela-modulo-fiscal>>. Acesso em: 11 out. 2018.
- KELEN, G. R. et al. Educação e saúde em uma região em situação de vulnerabilidade social: avanços e desafios para as políticas públicas. **Interface: Comunicação, Saúde, Educação**, v. 22, p. 1387–98, 2018.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. . **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa de Potassa e de Fosfato, 1997.
- MAPA. **Gargalos das culturas do sisal, malva, piaçava, côco, seda e bambu: breve panorama para orientar uma proposta de governança**.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2ª ed. London: Academic Press, 1995.
- NÓBREGA, M. D. S. et al. Indicadores de capacidade de uso da terra para escala de propriedade rural: deficiência de fertilidade do solo . **Biota Amazônia**, v. 2, n. 2, p. 1–7, 2012.
- SADE, H. et al. Toxicity and tolerance of aluminum in plants: Tailoring plants to suit to acid soils. **BioMetals**, v. 29, n. 2, p. 187–210, 2016.
- SANTOS, N. A. DOS. A divisão sexual do trabalho na agricultura familiar: entre a invisibilidade e a desvalorização do trabalho ( re ) produtivo de mulheres trabalhadoras rurais do município de Brejo / MA frente à expansão da monocultura de soja. **Revista Políticas Públicas**, v. Número Esp, p. 331–337, 2016.



SANTOS, E. M. C.; SILVA, O. A. DA. Sisal Na Bahia - Brasil. **Mercator**, v. 16, n. 16029, p. <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v16/1984-2201-me>, 2017.

SEAGRI, C. **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. 1. ed. Salvador: Secretaria de agricultura do Estado da Bahia, 1989.

SOARES, A. C. F. et al. Sisal: podridão vermelha e o biocontrole. In: SOARES, A. C. F.; BARRETO, N. S. E.; MARBACH, P. A. S. (Eds.). **Tópicos em microbiologia agrícola**. 1ª ed. Cruz das Almas: Editora UFRB, 2020. p. 157–186.

SOUZA, B. I. DE; MACÊDO, M. L. A.; SILVA, G. J. F. DA. Temperatura dos solos e suas influências na regeneração natural da Caatinga nos Cariris Velhos – PB. **Revista RaeGa**, v. 35, p. 261–287, 2015.

UNESCO. **Guide Methodologique d’Aide à la Gestion Intégrée de la Zone Côtière**. Paris: Commission Océanographique Intergouvernementale. Manuels et Guides n. 36, 1997.

UNESCO. **Instrumentos y Personas para una Gestión Integrada de Zonas Costeras**. 2. ed. Paris: Commission Océanographique Intergouvernementale. Manuels et Guides. Guia Metodológica, 2001.

VASCONCELOS, F. P. **Gestão Integrada da Zona Costeira: Ocupação antrópica desordenada, erosão, assoreamento e poluição ambiental do litoral**. 1ª ed. Fortaleza: [s.n.].

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743–755, 2009.

VIDALETT, S. F. **Caracterização dos atributos químicos e físicos de solos em diferentes sistemas de manejo no município de Conceição – PB**. [s.l.] Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

VILLELA, LUCIA MARIA AVERSA. **Elementos da Natureza e propriedades do solo**. [s.l.: s.n.]. v. 53

VOOS, M. C. et al. A influência da escolaridade no desempenho e no aprendizado de tarefas motoras: uma revisão de literatura. **Revista Fisioterapia e Pesquisa**, v. 21, n. 3, p. 297–304, 2014.

## CAPÍTULO 2

### ADUBAÇÃO COM NPK NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE *Agave sisalana*<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Journal of Agricultural Science, Qualis B1, fator de impacto 2,8, frequência de publicação mensal, site:  
<https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jasf>.

## ADUBAÇÃO DE PLANTIO COM NPK EM *Agave sisalana*

**Autor:** André Santos de Oliveira

**Orientadora:** Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

**Coorientador:** Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

**Resumo** - Esta pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar o efeito das doses dos macronutrientes nitrogênio (10,00; 30,00 e 40,00 kg ha<sup>-1</sup>), fósforo (17,50; 52,50 e 70,00 kg ha<sup>-1</sup>), potássio (8,75; 26,25 e 35,00 kg ha<sup>-1</sup>), dois tratamentos adicionais, testemunha (0,00 de N, 0,00 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0,00 de K<sub>2</sub>O) e o tratamento base (20,00 de N, 35,00 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 17,50 de K<sub>2</sub>O) sobre os parâmetros de crescimento do sisal altura da planta (AP), diâmetro do pseudocaule (DPC), número de folhas (NF), largura da folha (LF), comprimento da folha (CF) e área foliar (AF), em condições de campo, em Conceição do Coité, BA. A dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N promoveu um aumento na AP em 8% e no NF em 23% em relação à testemunha. Em relação ao P, a dose máxima de 70 kg ha<sup>-1</sup> promoveu um aumento de 11,5% para AP, 13,8% para NF e de 44,4% para AF em relação à testemunha. No estudo das doses de K, 35 kg ha<sup>-1</sup> promoveu um aumento de 5,4% para AP, 20% para DPC, 21% para o NF, 6,4% para CF, 23,5% para LF e 31,4% para AF comparado com a testemunha. Dentre os parâmetros de crescimento do sisal estudados a AP, NF e AF estão intimamente relacionados ao aumento de produtividade de fibra de sisal no campo.

**Palavras-chave:** produtividade do sisal, nutrição do sisal, *Agave sisalana*.

## PLANTING FERTILIZATION WITH NPK IN *Agave sisalana*

**Author:** André Santos de Oliveira

**Advisor:** Prof. Dr. Ana Cristina Fermino Soares

**Co supervisor:** Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

**Abstract** - This research was developed with the objective of evaluating the effect of doses of macronutrients nitrogen (10.00, 30.00 and 40.00 kg ha<sup>-1</sup>), phosphorus (17.50; 52.50 and 70.00 kg ha<sup>-1</sup>), potassium (8.75, 26.25 and 35.00 kg ha<sup>-1</sup>), two additional treatments, control (0.00 N, 0.00 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 0.00 K<sub>2</sub>O) and the base treatment (20.00 N, 35.00 of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 17.50 of K<sub>2</sub>O) on the growth parameters of sisal plant height (PH), pseudo stem diameter (PSD), leaf number (LN), leaf height (LH), leaf width (LW) and leaf area (LA), under field conditions in Conceição do Coité, BA. The dose of 40 kg ha<sup>-1</sup> of N promoted an increase in PH by 8% and in LN by 23% in relation to the control. Regarding P, the maximum dose of 70 kg ha<sup>-1</sup> promoted an increase of 11.5% for PH, 13.8% for LN and 44.4% for LA in relation to the control. In the study of K doses, the evaluated dose of 35 kg ha<sup>-1</sup> promoted an increase of 5.4% for PH, 20% for PSD, 21% for LN, 6.4% for LH, 23.5% for LW and 31.4% for LA compared to the control. Among the sisal growth parameters studied, PH, LN and LA are closely related to increased sisal fiber productivity in the field.

**Keywords:** sisal productivity, sisal nutrition, *Agave sisalana*.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o sisal destaca-se nos setores primário com a sua produção em campo, matéria prima para a extração da fibra das folhas e, secundário, com o beneficiamento da fibra, de acordo os interesses do mercado externo, gerando emprego e renda para os pequenos e médios produtores da região Nordeste (SANTOS; SILVA, 2017). A fibra do sisal é usada para produzir fios, cordas, tapetes e bolsas. Nos últimos anos, também está sendo usada em compósitos nos setores automotivo e de construção. Em 2012, cerca de 5% dos compósitos fabricados na Europa incorporaram fibras naturais (BROEREN et al., 2017).

Embora seja notória a importância e o impacto do cultivo do sisal como alternativa de renda para sobrevivência das famílias no Nordeste brasileiro, o sistema de produção é rudimentar, com baixo nível tecnológico, repercutindo em baixos índices de produtividade (FREITAS et al., 2018). O cultivo do sisal nessa região atravessa décadas e, anualmente são colhidas quantidades significativas em toneladas folhas de sisal para a extração da fibra, nos campos de cultivo (SOARES et al., 2020). Essa produção e colheita do sisal retira do solo quantidades significativas de nutrientes que precisam ser repostos de maneira que seja possível a restauração adequada dos níveis de fertilidade do solo e o crescimento da planta com aumento de produtividade (FERREIRA, 2002).

Estudos apontam que os solos das regiões semiáridas são predominantemente arenosos, rasos, pobres em matéria orgânica e de baixa fertilidade, com limitada disponibilidade de nitrogênio e fósforo (SILVA, 2015). Dentre esses nutrientes, o nitrogênio é o que parece exercer efeitos mais rápidos, agindo diretamente na promoção do crescimento vegetativo, bem como, conferindo às folhas a coloração verde escura. O fósforo exerce influência não só no crescimento, como também no desenvolvimento do sistema radicular, resistência a doenças e na absorção de outros nutrientes, como é o caso do nitrogênio, zinco, ferro e molibdênio. Outro nutriente não menos importante é o potássio, usualmente o cátion mais abundante nas células vegetais com participação em metabólitos essenciais (FARIA, 2021).

A adubação mineral do sisal usualmente recomendada no Nordeste é de 60 kg/ha de N (1/3 no pegamento da muda e 2/3 no início do ano chuvoso seguinte); 30 a 70 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio; 30 a 70 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, ½ (ou todo) no plantio e

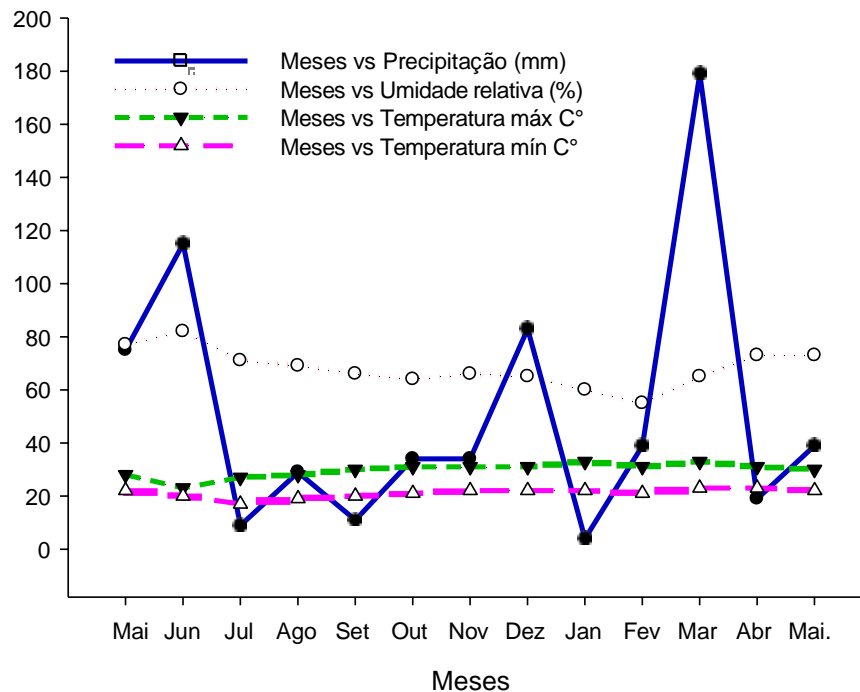
½ no ano chuvoso seguinte. Após o primeiro corte, deve-se aplicar 30-70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e 30-70 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, sendo ½ após o corte e a outra metade de 30 a 60 dias após a primeira aplicação (SEAGRI, 1989b). Estudos indicam que com essa recomendação, a produtividade do sisal na Bahia deve aumentar de 800 kg ha<sup>-1</sup> para algo entre 1.800 e 2.300 kg de fibra ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e aumento da fração de folhas e fibras longas e resistentes. Espera-se que essa produtividade adicional e a melhor qualidade da fibra possa viabilizar a prática da adubação mineral na cultura do sisal no Nordeste do Brasil (FERREIRA, 2002).

Considerando a carência de estudos sobre a adubação do sisal, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito dos macronutrientes N, P e K sobre os fatores de crescimento da cultura do sisal na região Sisaleira da Bahia.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local da pesquisa**

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro na Fazenda Vitória, situada na região Sisaleira, município de Conceição do Coité, distrito de Salgadália, Bahia, situado geograficamente pelas coordenadas 11°26'00" S e 39°11'16" W, com altitude de 439m. O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo 'As' (quente e úmido). Na figura A estão listados os dados de precipitação, umidade relativa, temperaturas máximas e mínimas. O verão é longo, quente e de céu quase encoberto. O inverno é curto, com ventos fortes e de céu quase sem nuvens (DIEBEL; NORDA; KRETCHMER, 2020). Ao longo do ano, em geral, a temperatura varia de 17°C a 34°C. A estação quente permanece por 6,2 meses, com temperatura máxima média diária acima de 33°C e mínima média de 21°C. A estação fresca permanece por 2,4 meses, com temperatura máxima diária em média abaixo de 30 °C, com média de 17°C para a temperatura mínima e 29 °C para a máxima (DIEBEL; NORDA; KRETCHMER, 2020). A estação de maior precipitação dura 8,1 meses e a estação seca dura 3,9 meses(DIEBEL; NORDA; KRETCHMER, 2020).



**Figura A** Precipitação, umidade relativa do ar e temperatura máxima e mínima na região durante o período de maio de 2018 a maio de 2019.

## 2.2 Amostragem e análise do solo

Foram coletadas 20 amostras simples de solo para formar uma composta, na profundidade 0-0,20 m, em uma área total de 1 hectare. Após a coleta, a amostra foi conduzida para o laboratório, onde foi destorroadada, homogeneizada, colocada para secar ao ar e à sombra, passada na peneira de 2 mm de malha (ABNT N° 10), obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), da qual foram retiradas alíquotas para realização de análise física e química no laboratório. O procedimento da análise física e química foi segundo a metodologia da Embrapa (Teixeira et al., 2017).

Foram determinados os seguintes atributos do solo: acidez ativa (pH em água), acidez potencial (H + Al), Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> trocáveis, P disponível, capacidade de troca de cátions efetiva e potencial e matéria orgânica do solo. Cada amostra composta foi analisada em duplicata, totalizando-se, assim, um banco de dados com 90 observações. Os procedimentos analíticos adotados seguiram o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (EMBRAPA, 2017).

O pH em água foi determinado a partir do preparo de uma suspensão do solo: água na relação 1:2,5 (v/v), a qual foi agitada (agitador orbital) por 15

minutos e deixada em repouso por 1 hora até o momento da leitura de pH. A acidez potencial (H+Al) foi determinada pela extração da acidez potencial do solo com acetato de cálcio tamponado a pH 7,0 e titulação com solução de NaOH a 0,025 mol L<sup>-1</sup>, em presença de fenolftaleína como indicador.

Quanto aos cátions trocáveis (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>), estes foram extraídos em solução KCl 1,0 mol L<sup>-1</sup> na relação solo: solução extratora de 1:10 (v/v). Utilizando-se um frasco do tipo Erlenmeyer, com capacidade para 250 mL, a suspensão do solo foi agitada durante 15 min (agitador orbital) e deixada em repouso durante uma noite. Em uma alíquota do sobrenadante filtrado, o Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> foram quantificados adicionando-se 4 mL do coquetel tampão (cianeto de potássio, trietanolamina e solução tampão), 30 mg de ácido ascórbico e três gotas do indicador negro de eriocromo, procedendo-se à titulação com solução de EDTA 0,0125 mol L<sup>-1</sup>.

O Ca<sup>2+</sup> foi determinado através do mesmo procedimento de titulação, retirando-se outra alíquota do sobrenadante e acrescentando nele 3 mL de KOH a 10%, 30mg de ácido ascórbico e 30mg de ácido calconcarbônico + sulfato de sódio como indicador.

Do mesmo sobrenadante foi retirada a alíquota para Al<sup>3+</sup>, que foi titulada com solução de NaOH a 0,025 mol L<sup>-1</sup>, utilizando como indicador o reagente azul de bromotimol. O Mg<sup>2+</sup> foi determinado por diferença entre os valores de Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> e Ca<sup>2+</sup>.

Utilizando a mesma lógica no procedimento de extração, o K<sup>+</sup> trocável e P disponível foram extraídos com uso da solução Mehlich-1. O K<sup>+</sup> foi quantificado em fotômetro do tipo chama e o P pelo método colorimétrico em solução ácida de molibdato de amônio.

A partir da determinação de Ca, Mg, K, Al e (H +Al) foi calculada a soma de bases (SB) e a capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva (t) e potencial (T).

A capacidade de troca catiônica efetiva foi determinada pela soma de SB + Al e a CTC potencial pela soma de SB e acidez potencial (H + Al).

A saturação por alumínio (m) foi obtida pela relação entre Al<sup>3+</sup> e t, e a saturação por bases (V) pela relação entre SB e T.

O teor de matéria orgânica do solo (MOS) foi determinado pelo método colorimétrico após a digestão do solo com solução ácida (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado) de dicromato de sódio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>).

A textura foi determinada pelo método da pipeta, a partir da dispersão com



NaOH 1 normal e agitação mecânica, seguida da separação da fração argila por sedimentação do silte. Medição da fração argila por meio de pesagem e secagem em estufa.

Conforme o manual de classificação de solo da Embrapa, a área de estudo foi classificada como Planossolo Háplico Eutrófico arênico (SANTOS et al., 2006).

Na caracterização química, o solo apresentou os seguintes valores: pH em H<sub>2</sub>O = 6,5; MO = 8,4 g kg<sup>-1</sup>; P = 0,3 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich-1); K<sup>+</sup> = 11,73 mg dm<sup>-3</sup>; Na = 0,1 cmolc dm<sup>-3</sup>, Ca<sup>2+</sup> = 4,7 cmolc dm<sup>-3</sup>, Mg<sup>2+</sup> = 1,5 cmolc dm<sup>-3</sup>, Al<sup>3+</sup> = 0,0 cmolc dm<sup>-3</sup>, H + Al = 0,6 cmolc dm<sup>-3</sup>, SB = 6,23 cmolc dm<sup>-3</sup>, CTC (t) = 6,23 cmolc dm<sup>-3</sup>, T = 6,83 cmolc dm<sup>-3</sup>, m = 0,0%; V = 91,22%. O teor de areia foi 714, silte 200,4 e argila 85 g Kg<sup>-1</sup>, enquadrando o solo na classe textural arenosa.

### 2.3. Tratamentos

Os tratamentos foram definidos para três doses de nitrogênio: 10,0; 30,0; 40,0 kg ha<sup>-1</sup>, três doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 17,5; 52,5; 70,00 kg ha<sup>-1</sup>, três doses de potássio (K<sub>2</sub>O): 8,75; 26,25; 35,00 Kg ha<sup>-1</sup>, mais dois tratamentos adicionais: a testemunha com 0,00 de NPK e o tratamento base com 20,00 de N, 35,00 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 17,50 de K<sub>2</sub>O (Figura 2). O tratamento base (TB) foi definido, tendo como referência as recomendações do Manual de Calagem e Adubação do Estado da Bahia (SEAGRI, 1989a), para o cálculo das doses de NPK (tabela 1), considerando-se o seguinte: TB/2; TB+TB/2; TBX2 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados no experimento

Nº de tratamentos	Tratamentos		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	kg ha <sup>-1</sup>		
1*	0,00	0,00	0,00
2*	20,00	35,00	17,50
3	10,00	35,00	17,50
4	30,00	35,00	17,50
5	40,00	35,00	17,50
6	20,00	17,50	17,50
7	20,00	52,50	17,50
8	20,00	70,00	17,50
9	20,00	35,00	8,75
10	20,00	35,00	26,25
11	20,00	35,00	35,00

\*Tratamentos adicionais: testemunha e tratamento base

## 2.4 Delineamento experimental

Os tratamentos foram arranjados de acordo com o método baconiano (TURRENT, 1979), em que um dos nutrientes é fornecido em quantidades variáveis, enquanto os demais são mantidos em níveis de referência. Dessa forma, o delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo testados 11 tratamentos de uma matriz baconiana formada por três doses de nitrogênio (10,0; 30,0; 40,0 Kg ha<sup>-1</sup> de N), fósforo (17,5; 52,5; 70,00 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (8,75; 26,25; 35,00 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), totalizando 34 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por 4 plantas, totalizando 136 plantas no experimento.

## 2.5 Seleção e preparo das mudas

As mudas de sisal foram selecionadas do campo de sisal da Fazenda Vitória, considerando-se as que apresentavam aspecto sadio, a partir de rebentos da planta mãe. A padronização das mudas foi feita limitando-se o sistema radicular em torno de 2 cm de comprimento, altura da planta (HP) 40 cm, diâmetro do pseudocaule (DPC) 3,5 cm, número de folhas (NF) 12 unidades, comprimento de folha (CF) 40 cm, largura de folha (LF) 3,3 cm e área foliar (AF) 100 cm<sup>2</sup>. Após a padronização, as mudas foram armazenadas à sombra por sete dias (Figura B).



**Figura B.** Seleção de mudas: As mudas do tipo rebento, padronizadas quanto ao número de folhas, comprimento e largura de folha, diâmetro do pseudocaule e altura para implantação do experimento em Conceição do Coité-BA.

## 2.6 Preparo da área experimental

Após a seleção da área, fez-se a coleta de 20 amostras simples de solo em forma de zigue-zague, sendo estas misturadas para formar uma amostra composta

para análise da fertilidade e classificação da textura do solo.

No preparo da área foram realizadas duas arações, seguida de uma gradagem (Figura C). Após a aração e gradagem, foram demarcadas curvas de nível (Figura D), para demarcar as linhas de plantio, seguindo a conformação do terreno, para prevenir perdas de nutrientes por erosão nas épocas das chuvas, contribuindo dessa forma para a conservação do solo.



**Figura C.** Preparo da área de plantio: Aração e gradagem na área dos experimentos de campo com *Agave sisalana* em Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.



**Figura D.** Demarcação das curvas de nível: Construindo as curvas de nível para implantação dos experimentos de campo com *Agave sisalana* em Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

## 2.7 Plantio das mudas

Após terem sido retiradas do campo, as mudas foram selecionadas, padronizadas e armazenadas à sombra por sete dias. Após esse período, as mudas foram para a área de plantio, sendo colocadas sobre o solo, em fileiras duplas, com o espaçamento de 1 m entre plantas e 3 m entre fileiras. As mudas foram

plantadas a uma profundidade de 5 cm, de forma que o solo não ultrapassasse os limites do pseudocaule da planta. Foram utilizadas linhas de pedreiro para guiar as linhas de plantio e a altura das plantas em relação ao solo (Figura E).



**Figura E.** Plantio: Marcação das linhas e plantio das mudas de sisal em experimento de campo em Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

## 2.8 Aplicação dos tratamentos e condução do experimento

Para os tratamentos com nitrogênio e potássio, metade da dose foi aplicada logo após o plantio e a dose do fósforo foi aplicada em sua totalidade. Após trinta dias aplicou-se a outra metade do nitrogênio e potássio. Esses adubos foram devidamente misturados ao solo em forma circular, em um raio de 5 cm de distância do pseudocaule da planta, sendo os adubos imediatamente cobertos com uma camada de solo, para evitar perdas (Figura F). Como fonte dos macronutrientes, foram utilizados ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio.



**Figura F.** Adubação: aplicação das doses com os tratamentos de N, P, K em mudas de sisal no experimento: Adubação com NPK no crescimento e produção de *Agave sisalana*". realizado em Conceição do Coité-BA em junho de 2018. Coordenadas geográficas, latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.



Durante a execução do experimento foram realizadas quatro capinas (Figura G), sendo a primeira aos seis meses após o plantio, em dezembro de 2018. A segunda foi aos quatro meses após a primeira capina, sendo que nesta, além da capina, foi realizado o plantio de capim Buffel nas ruas, com o objetivo de aumentar a preservação do solo e diminuir impactos por erosão. A terceira capina foi realizada quatro meses após a segunda, em agosto de 2019. Nessa capina houve apenas a roçagem para uma altura de 5 cm do solo do capim Buffel e nas linhas de plantio fez-se a limpeza total. A última capina foi realizada quatro meses após a terceira, em dezembro de 2019, da mesma forma da terceira.



**Figura G.** Tratos culturais: controle das plantas espontâneas com capinas em diferentes épocas. Conceição do Coité-BA. 2018 e 2019. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

## 2.9 Coleta e análise dos dados

As avaliações dos parâmetros de crescimento das plantas foram realizadas mensalmente entre os dias 20 e 28 de cada mês, com início em agosto de 2018 e término em fevereiro de 2020, totalizando 18 medições. Para todas as variáveis

foram selecionadas duas plantas por parcela experimental para realização das medições.

Os dados de altura da planta (HP) foram medidos com uma trena, a partir da superfície do solo até o ápice da planta. O número de folhas (NF) foi obtido pela contagem do número total de cada planta avaliada. Para a medição do comprimento de folha (CF) foram selecionadas três folhas medianas de cada planta avaliada, sendo estas identificadas e as medições foram feitas da inserção da folha no pseudocaule até o ápice, com fita métrica. A largura da folha (LF) também foi mensurada nas três folhas selecionadas para medição do CF e a medição ocorreu de uma extremidade a outra da folha, no ponto médio do comprimento da folha, com fita métrica. O diâmetro do pseudocaule (DPC) foi medido rente ao solo com um paquímetro. A área foliar (AF) foi calculada com a seguinte equação:  $AF=0,772*CF*LF$ , sendo: AF-área foliar, 0,772-fator de ajuste, CF-comprimento de folha e LF-largura de folha (SOFIATTI et al., 2009).

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, por polinômios ortogonais utilizando o programa R (R FOUNDATION, 2019). Para as características em que se encontrou significância, calcularam-se os coeficientes de regressão.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Durante o período de execução do experimento, a temperatura manteve-se entre 19 e 30 °C. Estudos apontam que o sisal se desenvolve bem em clima quente e temperatura média anual entre 20 e 28 °C e, o clima quente no semiárido do nordeste brasileiro proporciona a condição térmica ideal para o cultivo do sisal (FREITAS et al., 2018).

Em relação a pluviosidade foram registrados 658 mm de precipitação durante o período do experimento em campo. A demanda hídrica do sisal é de no mínimo 400 mm ano<sup>-1</sup> e o sisal cresce bem em regiões com médias acima de 1000 mm ano<sup>-1</sup> (SUINANGA; SILVA; COUTINHO, 2006). A umidade relativa do ar variou entre 58% e 82% durante a execução do experimento. Na região Nordeste do Brasil, o sisal se desenvolve com umidade relativa média anual do ar variando de 66% a 79% (AMORIM NETO; BELTRÃO, 2021).

Na tabela 2 encontram-se os valores médios de altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do pseudocaule (DPC), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF) e área foliar (AF). De maneira geral, os dados indicam

que houve mudança nos valores dos parâmetros de crescimento em função das doses de NPK aplicadas, com incrementos no crescimento das plantas de sisal, nas doses máximas de N e P (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias dos componentes de crescimento de plantas de sisal no campo, analisadas aos 18 meses após o plantio, em fileira dupla, com diferentes doses de NPK, em Conceição do Coité-BA, em 2020.

Nutrientes	Doses	AP	DPC	NF	CF	LF	AF
	kg ha <sup>-1</sup>	cm	cm	und	cm	cm	cm <sup>2</sup>
N	0	53,00 ± 1,92	8,10 ± 0,54	19,50 ± 1,42	49,50 ± 2,26	6,30 ± 0,61	240,75 ± 34,04
N	10	53,75 ± 1,84	8,68 ± 0,44	21,00 ± 1,25	50,80 ± 2,19	7,66 ± 0,54	300,41 ± 30,33
N	20	55,63 ± 1,75	8,64 ± 0,45	22,50 ± 1,17	51,80 ± 2,16	7,68 ± 0,51	307,12 ± 28,60
N	30	56,00 ± 1,69	9,23 ± 0,42	23,00 ± 1,21	52,10 ± 2,14	7,70 ± 0,58	309,70 ± 32,23
N	40	57,25 ± 2,12	9,13 ± 0,60	24,00 ± 1,60	54,20 ± 2,53	8,01 ± 0,71	335,26 ± 40,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	53,00 ± 1,92	8,10 ± 0,54	19,50 ± 1,42	49,50 ± 2,26	6,30 ± 0,61	240,75 ± 34,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	17,5	54,10 ± 2,23	8,64 ± 0,62	21,13 ± 1,44	52,50 ± 2,61	6,92 ± 0,70	280,47 ± 38,20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	35	55,63 ± 1,75	8,64 ± 0,46	22,50 ± 1,17	51,80 ± 2,11	7,68 ± 0,51	307,12 ± 28,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	52,5	58,20 ± 2,13	9,52 ± 0,62	22,13 ± 1,44	56,10 ± 2,63	7,70 ± 0,66	333,48 ± 37,69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	70	59,10 ± 1,93	9,61 ± 0,60	22,20 ± 1,49	57,00 ± 2,22	7,90 ± 0,66	347,63 ± 35,61
K <sub>2</sub> O	0	53,00 ± 1,92	8,10 ± 0,53	19,50 ± 1,42	49,50 ± 2,26	6,30 ± 0,61	240,75 ± 34,04
K <sub>2</sub> O	8,75	54,81 ± 1,53	8,78 ± 0,57	20,75 ± 1,64	50,90 ± 1,40	6,33 ± 0,68	248,74 ± 33,32
K <sub>2</sub> O	17,5	55,63 ± 1,75	8,64 ± 0,46	22,50 ± 1,18	51,80 ± 2,11	7,68 ± 0,51	307,12 ± 28,60
K <sub>2</sub> O	26,5	57,28 ± 1,76	9,69 ± 0,64	23,63 ± 1,85	52,00 ± 1,60	7,72 ± 0,68	309,91 ± 35,01
K <sub>2</sub> O	35	55,89 ± 1,92	9,73 ± 0,54	23,65 ± 1,42	52,69 ± 2,26	7,78 ± 0,61	316,43 ± 34,04

AP: altura de planta; DPC: diâmetro do pseudocaule; NF: número de folhas; CP: comprimento de folha; LF: largura de folha; AF: área foliar; ± erro padrão de valores médios (n = 4).

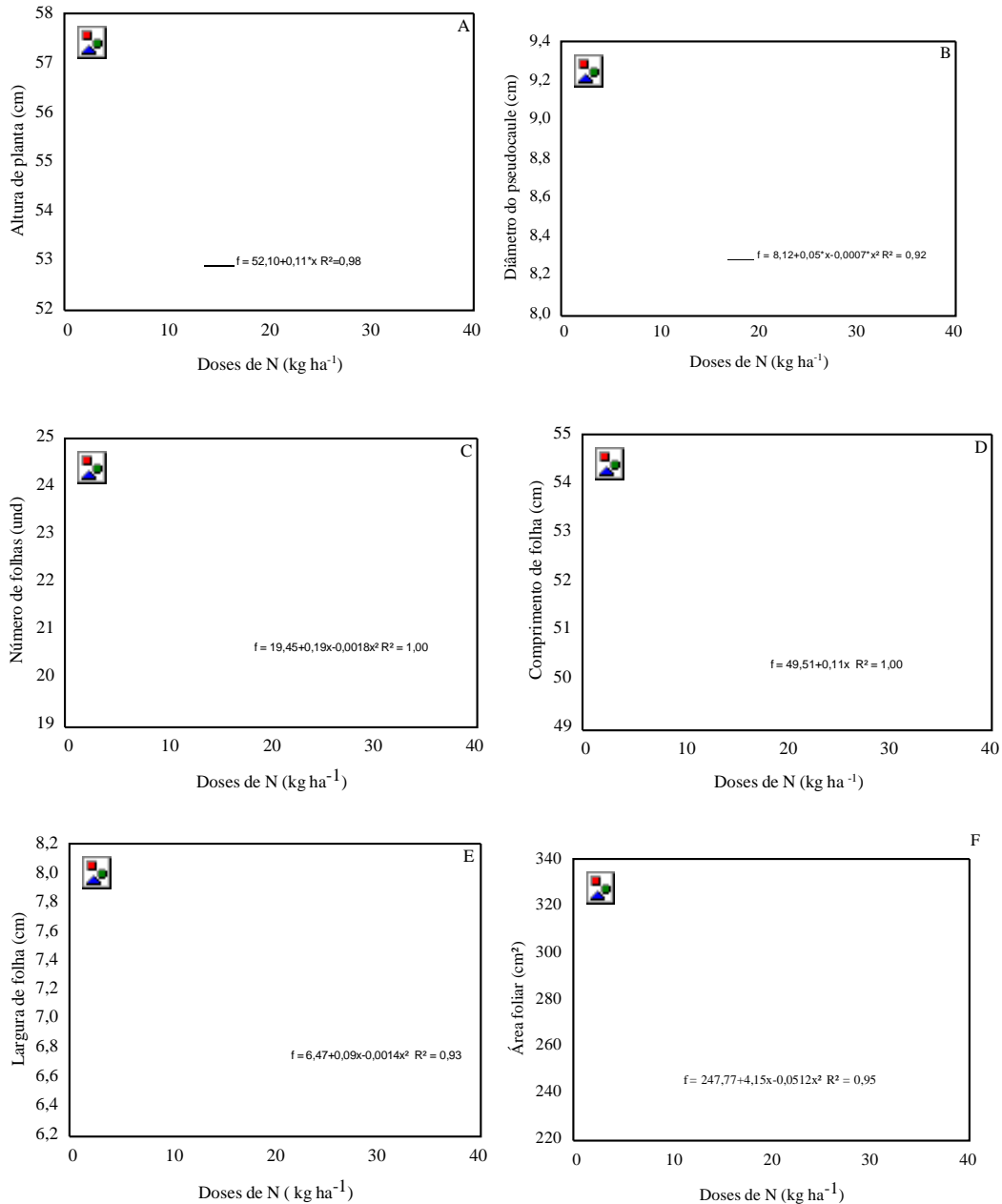
### 3.1. Nitrogênio

Para nitrogênio (N) houve efeito significativo em todos os parâmetros de crescimento da planta, com efeito linear na AP e CF e quadrático nos parâmetros DPC, NF, LF e AF (Figura H). Aos 18 meses do plantio, para AP, DPC, NF, CF e AF, a dose recomendada foi de 40 kg de N ha<sup>-1</sup>. Para LF a dose recomendada foi de 30 kg de N ha<sup>-1</sup>. Embora a dose máxima de N (40 kg ha<sup>-1</sup>) estudada tenha resultado em efeito significativo para os parâmetros AP (Figura HA) e CF (Figura HD), observa-se que essa dose máxima foi baixa, em relação à necessidade da cultura nestes parâmetros. Dentre as características da planta, o crescimento vegetativo é o que apresenta efeito mais rápido com a aplicação do nitrogênio (FARIA, 2021). Outros estudos com adubação do sisal demonstraram que, mesmo aplicando a dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, o crescimento vegetativo, ainda assim, apresentou efeito linear (FREITAS et al., 2019).

O DPC apresentou a maior média de 9,23 cm com a dose de 25 kg de N ha<sup>-1</sup>. Em relação à AP, NF, CF, LF e AF as maiores médias foram, respectivamente

de: 57,25 cm, 24 folhas; 54,20 cm; 8,01 cm e 335,26 cm<sup>2</sup> para as plantas que receberam 40 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Os dados de crescimento vegetativo, nos diferentes intervalos de tempo avaliados, indicam que na fase de crescimento das plantas de sisal, a adubação nitrogenada supriu as demandas da planta, observando-se maior crescimento com a maior dose aplicada (Figura H).



**Figura H.** Efeito do nitrogênio nos parâmetros de crescimento de plantas de sisal, no período de agosto de 2018 a fevereiro de 2020 em condições de campo no município de Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.



Com base nas equações de regressão foram estabelecidas as doses recomendadas (DR) de N para cada parâmetro de crescimento avaliado, levando-se em consideração a melhor performance da planta de sisal, em função da resposta dos tratamentos (Tabela 3).

**Tabela 3.** Estimativas do efeito do nitrogênio sobre os componentes de crescimento de sisal com diferentes doses de NPK aos 18 meses após o plantio, em Conceição do Coité-BA.

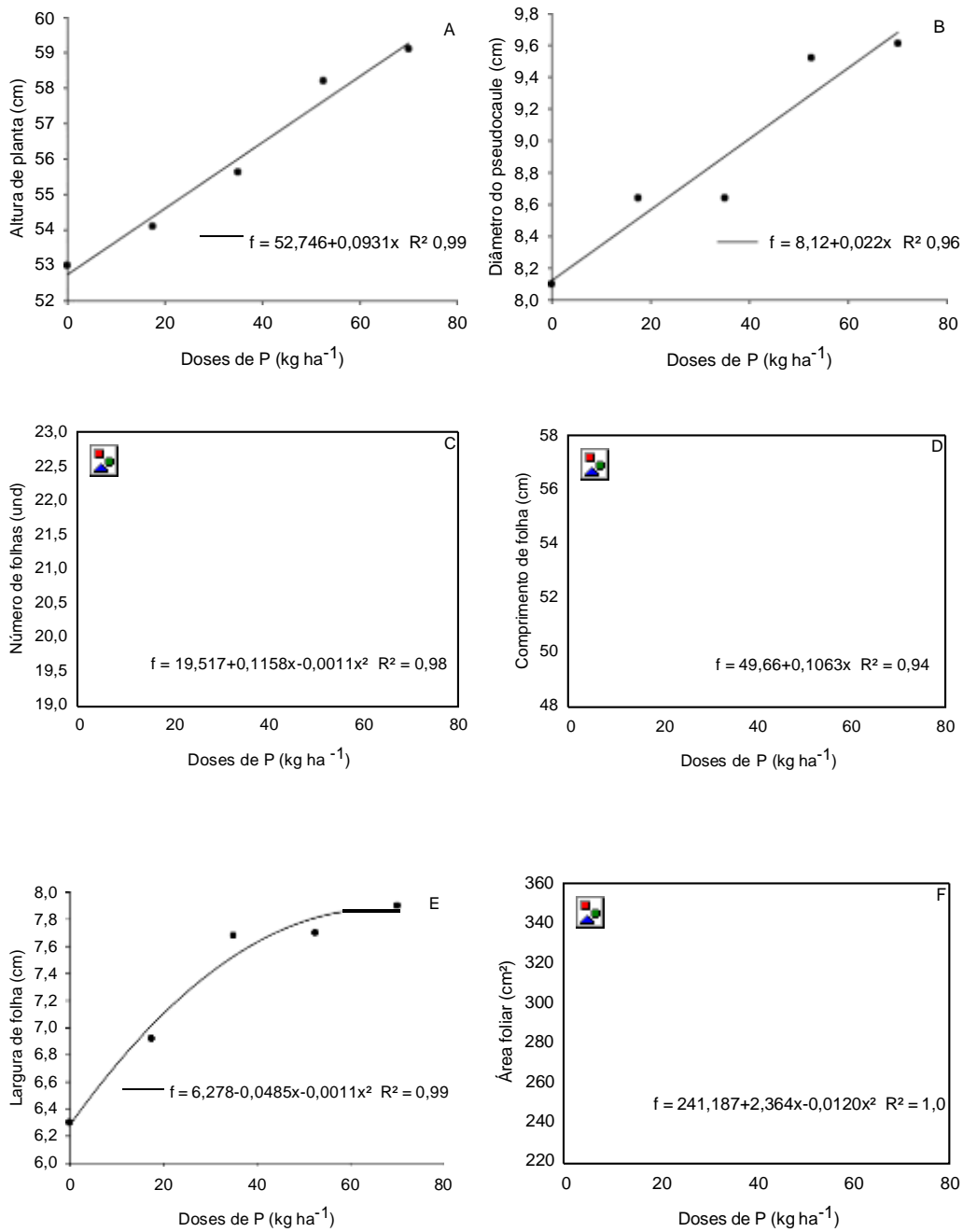
Variáveis <sup>1</sup>	Equações		DR (kg ha <sup>-1</sup> )
AP	$f = 52,10 + 0,11x^*$	$R^2 = 0,98$	40
DPC	$f = 8,12 + 0,05x^* - 0,0007x^2^*$	$R^2 = 0,92$	40
NF	$f = 19,45 + 0,19x^{**} - 0,0018x^2^*$	$R^2 = 1,00$	40
CF	$f = 49,51 + 0,11x^{**}$	$R^2 = 1,00$	40
LF	$f = 6,47 + 0,09x - 0,0014x^2^*$	$R^2 = 0,93$	30
AF	$f = 247,77 + 4,15x^* - 0,0512x^2^*$	$R^2 = 0,95$	40

<sup>1</sup>DR: dose recomendada em kg ha<sup>-1</sup>; AP: altura de planta em cm; DPC: diâmetro do pseudocaule em cm; NF: número de folhas; CF: comprimento de folha em cm; LF: largura de folha em cm; AF: área foliar em cm<sup>2</sup>. \* e \*\* significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

### 3.2. Fósforo

Houve efeito significativo da adubação fosfatada, em todos os parâmetros de crescimento da planta, com efeito linear para AP, DPC e CF e efeito quadrático nos parâmetros NF, LF e CF (Figura I). Para AP, DPC, CF, LF, e AF, as maiores médias foram, respectivamente, 59,10 cm; 9,61 cm; 57,00 cm; 7,90 cm e 347,63 cm<sup>2</sup>, nas plantas que receberam 70 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Em relação ao NF, a maior média foi de 22,50 folhas, nas plantas que receberam 35 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.

Na dose máxima de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (70 kg ha<sup>-1</sup>), embora o efeito tenha sido significativo para AP (Figura IA), DPC (Figura IB), CF (Figura ID), o efeito linear indica que a dose máxima testada neste trabalho foi baixa, em relação à necessidade da cultura. Isto possivelmente se explica pelo fato de que o fósforo exerce influência não só no crescimento da planta, como também na absorção de outros nutrientes, como é o caso do nitrogênio, zinco, ferro e molibdênio. De maneira geral, o fósforo contribui como componente ativo de proteínas, precursor de várias enzimas e formação de carboidratos (FARIA, 2021; TAIZ; ZEIGER, 2013).



**Figura I.** Efeito do fósforo sobre os parâmetros de crescimento de plantas de sisal, no período de agosto de 2018 a fevereiro de 2020 em condições de campo no município de Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

Com base nas equações, foram estabelecidas as doses recomendadas (DR) de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para cada parâmetro avaliado, levando-se em consideração a melhor performance da planta em função da resposta dos tratamentos (Tabela 4).

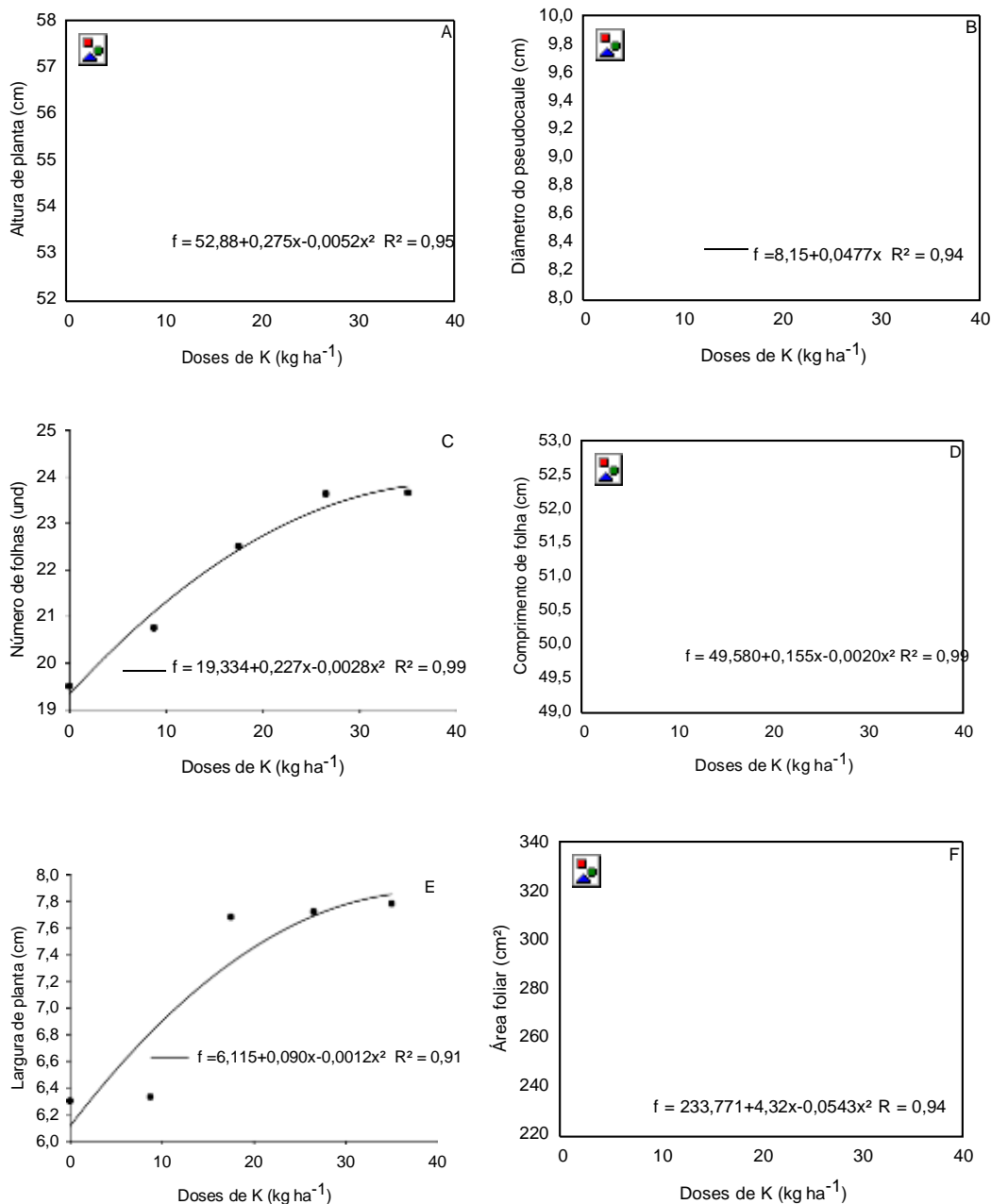
**Tabela 4.** Estimativas do efeito do fósforo sobre os parâmetros de crescimento de plantas de sisal com diferentes doses de NPK, aos 18 meses do plantio, em Conceição do Coité-BA, 2021.

Variáveis	Equações		DR (kg ha <sup>-1</sup> )
AP	$f = 52,746 + 0,0931x^{**}$	R <sup>2</sup> = 0,99	70
DPC	$f = 8,12 + 0,022x^{**}$	R <sup>2</sup> = 0,96	70
NF	$f = 19,517 + 0,1158x^{**} - 0,0011x^2^{**}$	R <sup>2</sup> = 0,98	45
CF	$f = 49,66 + 0,1063x^{**}$	R <sup>2</sup> = 0,94	70
LF	$f = 6,278 - 0,0485x^{*} - 0,0011x^2$	R <sup>2</sup> = 0,99	20
AF	$f = 241,187 + 2,364x^{**} - 0,0120x^2^{**}$	R <sup>2</sup> = 1,0	110

Nota. DR: dose recomendada em kg ha<sup>-1</sup>; AP: altura de planta em cm; DPC: diâmetro do pseudocaule em cm; NF: número de folhas; CF: comprimento de folha em cm; LF: largura de folha em cm; AF: área foliar em cm<sup>2</sup>. \* e \*\* significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

### 3.3 Potássio

A adubação de plantas de sisal com potássio (K) teve efeito significativo para todos os parâmetros de crescimento analisados, apresentando comportamento linear para DPC e comportamento quadrático para AP, NF, CF, LF e AF (Figura J). Para as doses de K<sub>2</sub>O, a maior média para AP foi de 57,28 cm em plantas que receberam a dose de 26,5 kg de ha<sup>-1</sup> de K. Para DPC, NF, CF, LF e AF, com as maiores médias de 9,61 cm; 23,65 cm; 52,69 cm; 7,78 cm; 316,43 cm<sup>2</sup>, respectivamente, em plantas que receberam 35 kg ha<sup>-1</sup>. Na adubação com K<sub>2</sub>O, a dose máxima de 35 kg ha<sup>-1</sup> avaliada neste trabalho, supriu a necessidade da planta de sisal no campo. FREITAS et al., (2019) também reportaram o efeito significativo e linear da dose de 35 kg ha<sup>-1</sup> de K no crescimento vegetativo do sisal.



**Figura J.** Efeito do potássio sobre os parâmetros de crescimento de plantas de sisal, no período de agosto de 2018 a fevereiro de 2020 em condições de campo no município de Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

Com base nas equações, foram estabelecidas as doses recomendadas (DR) de K<sub>2</sub>O para cada parâmetro avaliado, levando-se em consideração, a melhor performance da planta, em função da resposta dos tratamentos (Tabela 5).

**Tabela 5.** Estimativas do efeito do potássio sobre os parâmetros de crescimento de planta de sisal adubadas com diferentes doses de NPK, aos 18 meses após o plantio no campo, em Conceição do Coité-BA, 2021.

Variáveis <sup>1</sup>	Equações		DR (kg ha <sup>-1</sup> )
AP	$f = 52,88 + 0,275x^* - 0,0052x^2$	$R^2 = 0,95$	30
DPC	$f = 8,15 + 0,0477x^{**}$	$R^2 = 0,94$	35
NF	$f = 19,334 + 0,227x^{**} - 0,0028x^2$	$R^2 = 0,99$	40
CF	$f = 49,580 + 0,155x^{**} - 0,0020x^2$	$R^2 = 0,99$	40
LF	$f = 6,115 + 0,090x^* - 0,0012x^2$	$R^2 = 0,91$	35
AF	$f = 233,771 + 4,32x - 0,0543x^2$	$R^2 = 0,94$	40

<sup>1</sup>DR: dose recomendada em kg ha<sup>-1</sup>; AP: altura de planta em cm; DPC: diâmetro do pseudocaulo em cm; NF: número de folhas; CF: comprimento de folha em cm; LF: largura de folha em cm; AF: área foliar em cm<sup>2</sup>. \* e \*\* significativos a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

#### 4. CONCLUSÕES

A adubação com nitrogênio, fósforo e potássio promoveu incrementos na altura de planta, diâmetro do pseudocaulo, número, comprimento e largura das folhas, e na área foliar em plantas de sisal, aos 18 meses após o plantio no campo em Planossolo Flúvico Tb Eutrófico típico, nas condições de Conceição do Coité-BA.

Para os parâmetros AP, DPC, NF e AF a dose de N recomendada é de 40 kg ha<sup>-1</sup>, já para LF a dose de N recomendada é de 30 kg há<sup>-1</sup>. Os parâmetros AP, NF e AF estão diretamente relacionados com o aumento da produtividade de fibra de sisal. A dose máxima avaliada de N (40 kg ha<sup>-1</sup>) promoveu o aumento na AP em 8% e no NF de 23% em relação a testemunha.

Em relação ao P, para os parâmetros AP, DPC e CF a dose recomendada é de 70 kg ha<sup>-1</sup>, já para NF, LF e AF as doses recomendadas são 45, 20 e 110 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Percebe-se que a dose máxima de P avaliada (70 kg ha<sup>-1</sup>) promoveu um aumento de 11,5% para AP, 13,8% para NF e de 44,4% para AF em relação a testemunha. Embora a dose do NF calculado seja de 45 kg ha<sup>-1</sup>, recomenda-se aplicação da dose de 70 kg ha<sup>-1</sup> devido ao fato dessa dose apresentar melhores incrementos nos parâmetros de produtividade de fibra de sisal.

No estudo das doses de K, para o parâmetro AP a dose recomendada foi de 30 kg ha<sup>-1</sup>, para DPC e LF a dose recomendada foi de 35 kg ha<sup>-1</sup>; já para NF, CF e AF a dose recomendada foi de 40 kg ha<sup>-1</sup>. Nota-se que a dose máxima de K avaliada (35 kg ha<sup>-1</sup>) promoveu um aumento de 5,4% para AP, 20% para DPC, 21% para o NF, 6,4% para CF, 23,5% para LF e 31,4% para AF, em relação a testemunha. Embora o parâmetro AP tenha a dose calculada de 30 kg ha<sup>-1</sup>, o

parâmetro CF, que está intimamente relacionado com o parâmetro AP, apresentou melhor performance na dose calculada de 40 kg ha<sup>-1</sup>; neste sentido, tanto AP como NF e AF são parâmetros relacionados ao aumento de produtividade de fibra de sisal, portanto, recomenda-se aplicação da dose de 40 kg ha<sup>-1</sup> de K.

## 5. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AMORIM NETO, M. DA S.; BELTRÃO, N. E. DE M. **Sisal**. Disponível em: <<https://www.agencia.cnpia.embrapa.br/gestor/sisal/arvore/CONT000gv5h5la902wx7ha0g934vg984pdjn.html>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

DIEBEL, J.; NORDA, J.; KRETCHMER, O. **Condições meteorológicas médias de Conceição do Coité**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/31005/Clima-característico-em-Conceição-do-Coité-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 3 dez. 2020.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª edição ed. Distrito Federal: EMBRAPA, 2017.

FARIA, C. M. B. **Fertilidade do solo e adubação no semiárido do Nordeste**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/153151/fertilidade-do-solo-e-adubacao-no-semi-arido-do-nordeste>>. Acesso em: 12 dez. 2021.

FERREIRA, G. B. Agave sisalana. **EMBRAPA ALGODÃO**, p. 0–4, 2002.

FREITAS, A. B. T. M. et al. Desenvolvimento de Agave sisalana Perrine sob diferentes manejos de adubação e consórcio. **COLLOQUIUM AGRARIAE**, v. 14, n. 4, p. 39–46, 2018.

FREITAS, A. B. T. M. et al. Desenvolvimento de Agave sisalana Perrine sob diferentes manejos de adubação e consórcio. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 4, p. 39–46, 2019.

R FOUNDATION. **The R Project for Statistical Computing** Mumbai, 2019.

SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. [s.l.: s.n.].

SEAGRI. **Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia**. Comissão e ed. Salvador: SEAGRI, 1989a.

SEAGRI, C. **Manual de adubação e calagem para o Estado da Bahia**. 1. ed. Salvador: Secretaria de agricultura do Estado da Bahia, 1989b.

SILVA, F. F. **Crescimento e nutrição de mudas de sisal cultivadas em campo com plantas de cobertura**. [s.l.] Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB, 2015.

SOARES, A. C. F. et al. Sisal: podridão vermelha e o biocontrole. In: SOARES, A.

C. F.; BARRETO, N. S. E.; MARBACH, P. A. S. (Eds.). . **Tópicos em microbiologia agrícola**. 1ª ed. Cruz das Almas: Editora UFRB, 2020. p. 157–186.

SOFIATTI, V. et al. Um Método Simples Para Determinar a Área Foliar Do Sisal Híbrido 11648. **Revista Brasileira de Oleosas e Fibrosas**, v. 13, n. 1, p. 1–7, 2009.

SUINANGA, F. A.; SILVA, O. R. R. F.; COUTINHO, W. M. **Cultivo do sisal**. Campina Grande: EMBRAPA algodão, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.  
TURRENT, F. A. Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción. **Chapingo: Rama de Suelos**, v. 6, 1979.

## CAPÍTULO 3

### MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA APLICADOS À AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DO SISAL SOB ADUBAÇÃO QUÍMICA E ORGÂNICA

---

<sup>1</sup>Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Journal of Agricultural Science, Qualis B1, fator de impacto 2,8, frequência de publicação mensal, site:  
<https://www.ccsenet.org/journal/index.php/jasf>.



# MODELOS DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA APLICADOS À AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE CRESCIMENTO DO SISAL SOB ADUBAÇÃO QUÍMICA E ORGÂNICA

**Autor:** André Santos de Oliveira

**Orientadora:** Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

**Coorientador:** Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega

Resumo: O objetivo deste trabalho foi determinar modelos matemáticos através da regressão linear múltipla para estimar a resposta das características de crescimento do sisal em função de doses de NPK e esterco bovino. O estudo foi conduzido na Fazenda Vitória, distrito de Salgadália, no município de Conceição do Coité-BA coordenadas geográficas latitudes: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m, em área de Planossolo Háplico Eutrófico arênico. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo testados 33 tratamentos de uma matriz baconiana formada por três doses de esterco (0,0; 4,0 e 8,0 kg planta<sup>-1</sup>) e três doses de nitrogênio (10,0; 25,0 e 40,0 Kg ha<sup>-1</sup> de N), fósforo (17,5; 52,5 e 70,0 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (8,75; 26,25 e 35,00 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), totalizando 132 parcelas em um espaçamento de 3x1x1m. A adição dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e esterco foram significativos em relação aos parâmetros de crescimento avaliados no cultivo de sisal em Planossolo Háplico Eutrófico arênico. Comparando o tratamento testemunha com os que receberam a maior dose de esterco (8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>) sem nenhuma dose de N, P e K, as características AP, NF e AF apresentaram aumento de 15,5%, 42,8% e 169% respectivamente, indicando que a aplicação de matéria orgânica por si só já representa uma excelente forma de manejo da adubação para o tipo de solo estudado. As doses médias dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e esterco que promoveram maior incremento nos parâmetros de crescimento durante o período avaliado foram: 40 Kg ha<sup>-1</sup> de N; 35 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 17,5 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 8 Kg planta<sup>-1</sup> de esterco.

**Palavras-chave:** produtividade do sisal, nutrição do sisal, esterco bovino.

**MULTIPLE LINEAR REGRESSION MODELS APPLIED TO THE EVALUATION  
OF SISAL GROWTH PARAMETERS UNDER CHEMICAL AND ORGANIC  
FERTILIZATION**

**Author: André Santos de Oliveira**

**Advisor: Prof. Dr. Ana Cristina Fermino Soares**

**Co-supervisor: Prof. Dr. Júlio César Azevedo Nóbrega**

Abstract: The objective of this work was to determine mathematical models through multiple linear regression to estimate the response of the sisal growth characteristics as a function of NPK and bovine manure doses. The study was conducted at Fazenda Vitória, Salgadália district, in the municipality of Conceição do Coité-BA, geographic coordinates: latitude 11°26'00" S, longitude 39°11'16" W and altitude of 439m, in an area of Planossolo Háplico Eutrophic arênico. Were used the experimental design in randomized blocks with four replications and 33 treatments of a Baconian matrix formed by three doses of manure (0.0; 4.0 and 8.0 kg plant<sup>-1</sup>) and three doses of nitrogen (10.0; 25.0 and 40.0 kg ha<sup>-1</sup> of N), phosphorus (17.5; 52.5 and 70.0 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and potassium (8.75, 26.25 and 35.00 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O), totaling 132 plots with a spacing of 3x1x1m. The addition of the macronutrients nitrogen, phosphorus, potassium and manure was significant in relation to the growth parameters evaluated in the cultivation of sisal in Haplic Eutrophic Arenic Planosol. Comparing the control treatment with those that received the highest dose of manure (8 kg of manure plant<sup>-1</sup>) without any dose of N, P and K, the characteristics AP, NF and PA showed an increase of 15.5%, 42.8 % and 169%, respectively, indicating that the application of organic matter alone already represents an excellent form of fertilization management for the type of soil studied. The average doses of the macronutrients nitrogen, phosphorus, potassium and manure that promoted the greatest increase in growth parameters during the evaluated period were: 40 kg ha<sup>-1</sup> of N; 35 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 17.5 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O and 8 kg plant<sup>-1</sup> of manure.

**Keywords:** sisal productivity, sisal nutrition, bovine manure

## 1. INTRODUÇÃO

O sisal (*Agave sisalana* Perrine) é uma das culturas mais utilizadas como matéria prima para produção de fibra natural no mundo, tendo como principais produtores Brasil 38%, Tanzânia 16%, China 13%, Quênia 10%, Madagascar 8%, México 6%, Haiti 5%, Marrocos, África do Sul e Venezuela com 1% (FAO, 2022).

No Brasil, o sisal destaca-se nos setores primário com a produção de folhas, matéria prima para produção da fibra e, secundário, com o beneficiamento da fibra e classificação da qualidade de acordo os interesses do mercado externo, gerando emprego e renda para pequenos e médios produtores da região Nordeste (SANTOS; SILVA, 2017). Além disso, a fibra do sisal é usada para produzir fios, cordas, tapetes e bolsas. Nos últimos anos, também está sendo cada vez mais usada em compósitos nos setores automotivo e de construção. Em 2012, cerca de 5% dos compósitos fabricados na Europa incorporaram fibras naturais (BROEREN et al., 2017).

Embora a região Nordeste domine a produção de sisal no Brasil há significativa redução na produção e produtividade nos últimos 10 anos. Quando se compara a produção e a área plantada em 2009; 280.000 toneladas e 273.277 hectares respectivamente, com dados de 2019; 86.820 toneladas e 99.157 hectares respectivamente, nota-se que houve uma queda de 68% na produção e 63,7% na área plantada (FAO, 2021; SOARES et al., 2020). Os fatores responsáveis por essa queda são: baixo nível tecnológico do sistema de produção (plantio, colheita, desfibramento e beneficiamento), carência de pesquisas no âmbito tecnológico, falta de mudas de qualidade, falta de uniformidade no material de plantio que reflete na colheita e ausência do manejo da adubação e das exigências nutricionais da cultura (MAPA, 2019). Em condições de manejo otimizado o Brasil tem potencial para produzir 4,0 t de fibra ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (FERREIRA, 2002; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A disponibilidade de elementos minerais às plantas, sem dúvida, é o fator primordial às culturas, que respondem com crescimento, desenvolvimento e produções, permitindo, desta forma, que os agricultores permaneçam no campo. A quantidade e o estado em que os elementos minerais se encontram no solo definem as práticas de manejo necessárias para suprir as necessidades nutricionais, através da absorção dos elementos químicos necessários às plantas (LOPES; OLIVEIRA, 2013). Estudos tem mostrado que o sisal consome entre 27-33, 5-7, 59-69, 42-70 e 34 kg ano<sup>-1</sup> de N, P, K, Ca e Mg respectivamente, por tonelada de fibra

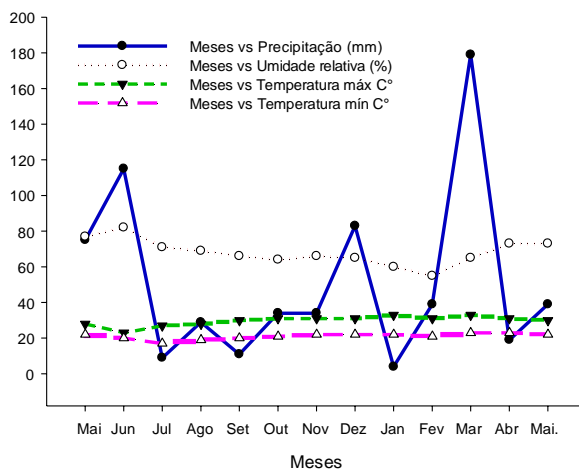
produzida (HARTEMINK, 1997; SILVA, 2008). Com isso, plantios sucessivos e sem reposição dos índices de fertilidade do solo na área cultivada, irão resultar em um esgotamento das fontes de nutrientes no solo, influenciando negativamente na qualidade da fibra de sisal colhida (SILVA, 2008; SANTOS et al., 2014; SOUSA, 2015).

Apesar da falta de manejo da fertilidade do solo nas áreas sob cultivo da cultura, a maioria dos estudos sobre o sisal tem sido voltado para o beneficiamento e aplicações dos subprodutos do sisal, sendo, no momento, poucos os estudos voltados para o manejo da fertilidade da cultura no Brasil (SILVA, 2015; FREITAS et al., 2019). Diante desse cenário, objetivou-se com este trabalho determinar modelos matemáticos através da regressão linear múltipla para estimar a resposta das características de crescimento do sisal em função de doses de NPK e esterco bovino em Planossolo Háplico Eutrófico arênico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local da pesquisa

O experimento foi conduzido em condições de sequeiro na Fazenda Vitória, situada na região Sisaleira, município de Conceição do Coité, distrito de Salgadália, Bahia, situado geograficamente pelas coordenadas 11°26'00" S e 39°11'16" W, com altitude de 439m. O clima da região, pela classificação de Köppen é do tipo 'As' (quente e úmido). Na figura 1 encontram-se os dados de precipitação, umidade e temperatura.



Ao longo do ano, em geral, a temperatura varia de 17°C a 34°C. A estação quente permanece por 6,2 meses, com temperatura máxima média diária acima de 33°C. A estação fresca permanece por 2,4 meses, com temperatura máxima diária

em média abaixo de 30 °C (DIEBEL; NORDA; KRETCHMER, 2020).

A estação de maior precipitação dura 8,1 meses, com probabilidade acima de 16% de que um determinado dia tenha precipitação. A estação seca dura 3,9 meses, com probabilidade mínima de um dia com precipitação é de 7% (DIEBEL; NORDA; KRETCHMER, 2020).

## 2.2 Amostragem e análise do solo

Foram coletadas 20 amostras simples de solo para formar uma composta, na profundidade 0-0,20cm do perfil. Após a coleta, as amostras foram conduzidas para o laboratório, onde foram destorroadas, homogeneizadas, colocadas para secar ao ar e à sombra, passada na peneira de 2mm de malha (ABNT N° 10), obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA), da qual foram retiradas alíquotas para realização de análise física e química no laboratório. O procedimento da análise física e química foi segundo a metodologia da Embrapa (Teixeira et al., 2017).

Foram determinados os seguintes atributos do solo: acidez ativa (pH em água), acidez potencial (H + Al),  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  trocáveis, P disponível, capacidade de troca de cátions efetiva e potencial e matéria orgânica do solo. Cada determinação foi analisada em duplicata, totalizando um banco de dados com 90 observações. Os procedimentos analíticos adotados seguiram o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (Teixeira et al., 2017).

O teor de matéria orgânica do solo (MOS) foi determinado pelo método colorimétrico após a digestão do solo com solução ácida ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado) de dicromato de sódio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), enquanto a textura do solo foi determinada pelo método da pipeta, a partir da dispersão com NaOH 1N e agitação mecânica, segundo Teixeira et al. (2017).

Conforme o manual de classificação de solo da Embrapa a área de estudo foi classificada como Planossolo Háplico Eutrófico arênico (SANTOS et al., 2018). Na caracterização química o solo apresentou os seguintes valores: pH em  $\text{H}_2\text{O}$  = 6,5; MO = 8,4 g  $\text{kg}^{-1}$ ; P = 0,3 mg  $\text{dm}^{-3}$  (Mehlich-1);  $\text{K}^+$  = 11,73 mg  $\text{dm}^{-3}$ ; Na = 0,1 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  = 4,7 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  = 1,5 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  = 0,0 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ , H + Al = 0,6 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ , SB = 6,23 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ , CTC (t) = 6,23 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ , T = 6,83 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ , m = 0,0%; V = 91,22%. O teor de areia foi 714, silte 200,4 e argila 85 g  $\text{Kg}^{-1}$  enquadrando o solo na classe textural arenosa.

## 2.3 Tratamentos

Os tratamentos foram definidos por três doses de nitrogênio: 10,0; 30,0 e 40,0 kg ha<sup>-1</sup>, três doses de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>): 17,5; 52,5 e 70,00 kg ha<sup>-1</sup>, três doses de potássio (K<sub>2</sub>O): 8,75; 26,25 e 35,00 Kg ha<sup>-1</sup>, três doses de esterco bovino curtido: 0,0; 4,0 e 8,0 kg planta<sup>-1</sup>, 2 tratamentos adicionais: testemunha: 0,00 de N, 0,00 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0,00 de K<sub>2</sub>O e tratamento base: 20,00 de N, 35,00 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 17,50 de K<sub>2</sub>O (Tabela 1).

**Tabela 1.** Tratamentos utilizados no experimento de campo realizado em Conceição do Coité - BA

N° tratamentos	de Tratamentos			
	N kg ha <sup>-1</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Esterco kg planta <sup>-1</sup>
1*	0,00	0,00	0,00	0
2*	20,00	35,00	17,50	0
3	10,00	35,00	17,50	0
4	30,00	35,00	17,50	0
5	40,00	35,00	17,50	0
6	20,00	17,50	17,50	0
7	20,00	52,50	17,50	0
8	20,00	70,00	17,50	0
9	20,00	35,00	8,75	0
10	20,00	35,00	26,25	0
11	20,00	35,00	35,00	0
12	0,00	0,00	0,00	4
13	20,00	35,00	17,50	4
14	10,00	35,00	17,50	4
15	25,00	35,00	17,50	4
16	40,00	35,00	17,50	4
17	20,00	17,50	17,50	4
18	20,00	52,50	17,50	4
19	20,00	70,00	17,50	4
20	20,00	35,00	8,75	4
21	20,00	35,00	26,25	4
22	20,00	35,00	35,00	4
23	0,00	0,00	0,00	8
24	20,00	35,00	17,50	8
25	10,00	35,00	17,50	8
26	25,00	35,00	17,50	8
27	40,00	35,00	17,50	8
28	20,00	17,50	17,50	8
29	20,00	52,50	17,50	8
30	20,00	70,00	17,50	8
31	20,00	35,00	8,75	8
32	20,00	35,00	26,25	8
33	20,00	35,00	35,00	8

\*Tratamentos adicionais: testemunha e tratamento base

O tratamento base (TB) refere-se aos valores calculados com base na análise de solo da área estudada considerando o Manual de Calagem e Adubação do Estado da Bahia (SEAGRI, 1989) como referência para determinar as doses dos tratamentos, neste sentido os tratamentos foram estipulados da seguinte forma: TB/2; TB+TB/2; TBX2 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

## 2.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, sendo testados 33 tratamentos, constituídos por três doses de esterco (0,0, 4,0 e 8,0 kg planta<sup>-1</sup>), três doses de nitrogênio (10,0; 30,0 e 40,0 kg ha<sup>-1</sup> de N), fósforo (17,5; 52,5 e 70,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e potássio (8,75; 26,25 e 35,00 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), mais dois tratamentos adicionais: um testemunha (0,00 kg ha<sup>-1</sup> de N, 0,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 0,00 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) e outro tratamento base (20,00 kg ha<sup>-1</sup> de N, 35,00 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 17,50 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), totalizando 132 parcelas. Cada parcela experimental foi constituída por 4 plantas, totalizando 528 plantas no experimento.

## 2.5 Seleção e preparo das mudas

As mudas de sisal foram selecionadas considerando-se as que apresentavam aspecto sadio, a partir de rebentos da planta mãe. As mudas foram padronizadas considerando-se o sistema radicular em torno de 2cm de comprimento, altura da planta (HP) 40cm, diâmetro do pseudocaule (DPC) 3,5cm, número de folhas (NF) 12 unidades, comprimento de folha (CF) 40cm, largura de folha (LF) 3,3cm e área foliar (AF) 100 cm<sup>2</sup>. Após a padronização, as mudas foram armazenadas à sombra e deixadas por 7 dias (Figura 1).



**Figura 1** Seleção de mudas: Mudanças do tipo rebento, padronizadas quanto ao número de folhas, comprimento e largura de folha, diâmetro do pseudocaule e altura para implantação do experimento em Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S e longitude: 39°11'16" W, e altitude de 439m.

## 2.6 Preparo da área experimental

No preparo da área foram realizadas duas arações, seguida de uma gradagem (Figura 2). Após a aração e gradagem, foram demarcadas curvas de nível (Figura 3), a fim de demarcar as linhas de plantio seguindo a conformação do terreno, evitando perdas de nutrientes por erosão nas épocas das chuvas, contribuindo dessa forma para conservação do solo.



**Figura 2** Preparo da área de plantio: Aração e gradagem na área dos experimentos de campo com *Agave sisalana* em Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.



**Figura 3** Demarcação das curvas de nível: Construindo as curvas de nível para implantação dos experimentos de campo com *Agave sisalana* em Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

## 2.7 Plantio das mudas

Após terem sido retiradas do campo, as mudas foram selecionadas, padronizadas e armazenadas à sombra por sete dias. Após esse período, as mudas foram para a área de plantio, sendo colocadas sobre o solo, em fileiras duplas, com



o espaçamento de 1 m entre plantas e 3 m entre fileiras. As mudas foram plantadas a uma profundidade de 5 cm, de forma que o solo não ultrapassasse os limites do pseudocaule da planta. Foram utilizadas linhas de pedreiro para guiar as linhas de plantio e a altura das plantas em relação ao solo (Figura 4).



**Figura 4** Plantio: Marcação das linhas e plantio das mudas de sisal em experimento de campo em Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

## 2.8 Aplicação dos tratamentos e condução do experimento

Logo após o plantio, os tratamentos com esterco foram aplicados ao solo em formato circular ao redor da planta, em um raio de 20 cm de distância do pé da planta, em seguida enterrados (Figura 5).

Os tratamentos com nitrogênio, fósforo e potássio foram aplicados metade logo após o plantio, sendo o fósforo aplicado a totalidade da dose. Após trinta dias aplicou-se a outra metade do nitrogênio e potássio. Esses adubos foram devidamente misturados ao solo em forma circular, em um raio de 5 cm de distância do pé da planta, sendo imediatamente cobertos para evitar perdas. Como fonte dos macronutrientes, utilizou-se a ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio (Figura 6).



**Figura 5** Adubação: aplicação das doses com os tratamentos de N, P, K e esterco em mudas de sisal no experimento realizada em Conceição do Coité-BA em junho

de 2018. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.



**Figura 6** Adubação com NPK no crescimento e produção de sisal realizada em Conceição do Coité-BA em junho de 2018. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

Durante a execução do experimento foram realizadas 4 capinas (Figura 7), sendo a primeira 6 meses após o plantio, no mês de dezembro de 2018. A segunda capina foi feita 4 meses após a primeira, sendo que nesta, além da capina, foi realizado o plantio de capim Buffel nas ruas, com o objetivo de aumentar a preservação do solo e diminuir impactos por erosão. A terceira capina foi realizada 4 meses após a segunda, no mês de agosto de 2019; nesta capina, houve apenas o raleamento para uma altura de 5 cm do solo do capim Buffel e, nas linhas de plantio, limpeza total. A última capina foi realizada 4 meses após a terceira, no mês de dezembro de 2019, da mesma forma da terceira.



**Figura 7** Tratos culturais do sisal: controle das plantas espontâneas com capinas em diferentes épocas em Conceição do Coité-BA, entre 2018 e 2019. Coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

## 2.9 Avaliações dos parâmetros de crescimento e de produção do sisal

As medições ocorreram mensalmente entre os dias 20 e 28 de cada mês, começando no mês de agosto de 2018, até o mês fevereiro de 2020, totalizando 18 medições. Aos 14 meses após o plantio, no mês de agosto de 2019 foram colhidas folhas das plantas de cada tratamento para determinação do Peso Seco da folha.

## 2.10 Tomada de dados

Para todas as variáveis, foram selecionadas duas plantas por parcela experimental para realização das medições. Os dados de altura da planta (HP) foram medidos com auxílio da trena, considerando a partir da base da planta rente ao solo até o ápice da planta. O número de folhas (NF), foram contadas o número total por cada planta avaliada. No comprimento de folha (CF) foram selecionadas três folhas medianas de cada planta avaliada, identificadas e medidas da inserção da folha no pseudocaule até o ápice, com fita métrica. A largura da folha (LF) também foi medida nas três folhas selecionadas para medição do CF; a medição ocorreu de uma extremidade a outra da folha, no ponto médio do comprimento da

folha, com fita métrica. O diâmetro do pseudocaule (DPC) foi medido rente ao solo com auxílio do paquímetro. A área foliar (AF) foi calculada através da equação  $AF=0,772*CF*LF$ , onde: AF=área foliar; 0,772=fator de ajuste; CF=comprimento de folha e LF=largura de folha) (SOFIATTI et al., 2009).

Para determinação do peso seco da folha (PS folha), foram selecionadas três folhas medianas por planta, identificadas, pesadas frescas, em seguida foram colocadas para secar em estufa, com circulação forçada a 65C<sup>0</sup>, até atingir o peso constante. Após a secagem, o material foi pesado em balança eletrônica digital, com precisão de 0,001g, e os resultados expressos em g planta<sup>-1</sup>.

## **2.11 Análise dos dados**

Para análise dos dados considerou-se um nível de significância (quanto admitimos errar nas conclusões estatísticas, ou seja, o erro estatístico que estamos cometendo nas análises) de 0,05 (5%). Também, todos os intervalos de confiança construídos ao longo do trabalho foram construídos com 95% de confiança estatística.

Este trabalho tem 7 variáveis dependentes, são elas: AP, DPC, NF, CF, LF, AF e PS Folha. Para tentar estimar os valores destas sete medidas das plantas, temos como variáveis explicativas (também chamadas de independentes): Nitrogênio, Fósforo, Potássio e Esterco.

Foi utilizado o modelo de Regressão Linear múltipla, pois as variáveis de desfecho são todas quantitativas e, esse modelo utiliza o método de Mínimos Quadrados, ou seja, onde ele ajusta a melhor equação, minimizando ao máximo as diferenças entre o observado e estimado (VIEIRA, 2004).

Foram realizadas duas análises: uma utilizando o método INSERIR, onde todas as variáveis explicativas são incluídas, testadas e permanecem no modelo independentemente de serem ou não significantes, e a outra análise pelo método STEPWISE, onde o modelo incluem e/ou exclui as variáveis significantes. Assim, ao final temos somente as variáveis significativas na predição da variável dependente (MURRAY, 1993; VIEIRA, 1991, 2004).

### **Regressão Linear múltipla**

A regressão Linear múltipla é uma análise estatística bastante usual e importante, porém usada apenas quando temos uma análise resposta (dependente) do tipo quantitativa. Esta análise tem por objetivo tentar modelar

certas características de uma determinada população. A modelagem serve para tentar prever uma variável, chamada variável dependente, através de outras variáveis conhecidas como independentes ou explicativas (FONSECA; MARTINS, 1996; MURRAY, 1993; VALENTIM, 1942).

Assim, tenta-se ajustar o seguinte modelo  $Y_i = \alpha + \beta_i \cdot X_i + s$

Onde:

$y_i$ : i-ésimo valor predito;

$\alpha$ : valor de intercepto, quando  $x_i = 0$ ;

$\beta$ : fator multiplicador da i-ésima variável explicativa;

$x_i$ : i-ésima observação da variável explicativa;

$s$ : erro, ou seja, parte não explicada pelo modelo. O erro deve ter distribuição normal, com média zero e variância constante, ou seja,  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ .

Logo, para se obter o modelo, é necessário calcular os valores de  $\alpha$  e  $\beta$ , pois são eles que irão determinar um modelo genérico em base dos dados amostrados (CRUZ; REGAZZI, 2001; VIEIRA, 2004).

Para se medir o grau de explicação do modelo, ou seja, o quão bom ele está, existe uma medida chamada de  $R^2$  (R-quadrado). Esse valor, quanto maior, significa uma melhor aderência do modelo; em resumo, quanto maior o  $R^2$  melhor o modelo (CRUZ; REGAZZI, 2001; VIEIRA, 1991).

P-valor

O resultado de cada comparação possui uma estatística chamada de p-valor. Esta estatística nos ajuda a concluir sobre o teste realizado. Caso esse valor seja maior que o nível de significância adotado (erro ou  $\alpha$ ), conclui-se portanto que a  $H_0$  (a hipótese nula) é a hipótese verdadeira, caso contrário adota-se com  $H_1$ , a hipótese alternativa (MURRAY, 1993; VALENTIM, 1942). Nesta análise estatística foram utilizados os softwares: SPSS V20, Minitab 16, sigmaplot e Excel Office 2010.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro do pseudocaulo (DPC), comprimento de folha (CF), largura de folha (LF), área foliar (AF) e peso seco da folha (PS folha) tiveram diferenças nos tratamentos quando comparados os tratamentos adicionais com as doses de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$ , nas doses

0, 4 e 8 de esterco (Tabela 2). No entanto, nas doses 4 e 8 de esterco, os macronutrientes contribuíram para que as variáveis expressassem os maiores valores de crescimento.

Comparando os tratamentos testemunha com os que receberam somente as doses 4 e 8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>, a característica AP apresentou aumento de 5,4% quando aplicado 4 kg de esterco planta<sup>-1</sup> e de 15,5% quando aplicado 8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>. O DPC apresentou aumento de 35% quando aplicado 4 kg de esterco planta<sup>-1</sup> e de 101,5% quando aplicado 8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>. O NF apresentou aumento de 14,9% quando aplicado 4 kg de esterco planta<sup>-1</sup> e de 42,8% quando aplicado 8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>. O CF apresentou aumento de 5,8% quando aplicado 4 kg de esterco planta<sup>-1</sup> e de 16,7% quando aplicado 8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>. A LF apresentou aumento de 45% quando aplicado 4 kg de esterco planta<sup>-1</sup> e de 130,6% quando aplicado 8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>. Em relação a AF apresentou aumento de 53,9% quando aplicado 4 kg de esterco planta<sup>-1</sup> e de 169% quando aplicado 8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>. O PS folha apresentou aumento de 34,2% quando aplicado 4 kg de esterco planta<sup>-1</sup> e de 29,8% quando aplicado 8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>.

Os maiores valores médios de incrementos nos parâmetros de crescimento observado foram 78,64cm, 31,19cm, 45,46cm, 75,96 cm, 20,50cm, 1201,89cm<sup>2</sup> e 14,51g respectivamente de AP, DPC, NF, CF, LF, AF e PS folha no tratamento com as doses de 40 kg ha<sup>-1</sup> de N, 35 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 17,5 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 8 kg planta<sup>-1</sup> de esterco. Esse tratamento apresenta a maior dose de N e esterco; já os valores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O correspondiam à dose de referência.

Percebe-se que em relação a ganhos de crescimento a interação da maior dose de N com a maior dose de esterco, mantendo as doses de fósforo e potássio nos níveis de referência, possibilitou os maiores incrementos nos parâmetros de crescimento da cultura. Neste sentido, verifica-se que o manejo adequado da adubação para garantir bons rendimentos, principalmente, quando cultivados em solos com baixos teores de nitrogênio, fósforo, potássio e matéria orgânica, poderá influenciar positivamente nos resultados de ganhos por produtividade. Estudos apontam que das características da planta de sisal, o crescimento vegetativo apresenta efeito mais rápido com a aplicação do nitrogênio (FARIA, 2021).

Em relação ao fósforo pesquisas indicam que exerce influência não só no crescimento da planta, como também na absorção de outros nutrientes, como é o caso do nitrogênio, zinco, ferro e molibdênio. De maneira geral, o fósforo contribui

como componente ativo de proteínas, precursor de várias enzimas e formação de carboidratos (FARIA, 2021; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Apesar de ser uma cultura de clima árido e ter produtividade abaixo do seu potencial na maioria das condições de cultivo, o sisal é uma planta originária de solos ricos e pode consumir grandes quantidades de nutrientes do solo. Essa forte extração sem sua reposição pela adubação, pode exaurir a fertilidade natural do solo em dois ou três ciclos da cultura (20 a 30 anos) (FERREIRA, 2002; HARTEMINK, 2005).

**Tabela 2** Valores médios do efeito dos macronutrientes nos componentes de produção de folha de sisal

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Esterco	AP	DPC	NF	CF	LF	AF	PS Folha
kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg planta <sup>-1</sup>	cm	cm	und	cm	cm	cm <sup>2</sup>	g
0	0	0	0	52,98 ± 0,34	8,08 ± 0,14	19,15 ± 0,20	49,08 ± 0,39	6,28 ± 0,08	237,71 ± 1,98	11,52 ± 0,62
20	35	17,5	0	56,76 ± 1,46	9,77 ± 1,49	23,63 ± 1,49	52,93 ± 1,49	8,81 ± 1,49	362,04 ± 73,16	17,30 ± 0,58
10	35	17,5	0	54,05 ± 0,37	8,98 ± 0,37	21,30 ± 0,37	51,10 ± 0,37	7,96 ± 0,37	313,93 ± 16,89	12,71 ± 0,26
25	35	17,5	0	56,13 ± 0,24	9,36 ± 0,24	23,13 ± 0,24	52,23 ± 0,24	7,83 ± 0,24	315,55 ± 11,06	17,14 ± 0,40
40	35	17,5	0	57,53 ± 0,31	9,41 ± 0,31	24,28 ± 0,31	54,48 ± 0,31	8,29 ± 0,31	348,77 ± 15,12	19,42 ± 0,80
20	17,5	17,5	0	53,13 ± 0,58	7,67 ± 0,58	20,16 ± 0,58	51,53 ± 0,57	5,95 ± 0,58	236,80 ± 25,56	14,56 ± 0,71
20	52,5	17,5	0	57,68 ± 0,34	9,00 ± 0,34	21,61 ± 0,34	55,58 ± 0,34	7,18 ± 0,34	308,22 ± 16,37	19,90 ± 0,44
20	70	17,5	0	59,72 ± 0,50	10,23 ± 0,50	22,82 ± 0,50	57,62 ± 0,50	8,52 ± 0,50	379,02 ± 25,90	15,39 ± 0,47
20	35	8,75	0	55,14 ± 0,45	9,11 ± 0,45	21,08 ± 0,45	51,23 ± 0,45	6,66 ± 0,45	263,35 ± 20,11	14,88 ± 0,75
20	35	26,3	0	56,93 ± 0,32	9,34 ± 0,33	23,28 ± 0,32	51,65 ± 0,32	7,37 ± 0,33	293,95 ± 14,81	14,95 ± 1,03
20	35	35	0	55,97 ± 0,25	9,81 ± 0,25	23,73 ± 0,25	52,77 ± 0,25	7,86 ± 0,25	320,28 ± 11,48	13,72 ± 0,63
0	0	0	4	55,83 ± 0,33	10,93 ± 0,13	22,00 ± 0,20	51,93 ± 0,38	9,13 ± 0,13	365,76 ± 4,12	15,46 ± 0,50
20	35	17,5	4	61,01 ± 1,46	14,02 ± 1,46	27,88 ± 1,46	57,18 ± 1,46	13,06 ± 1,46	578,44 ± 81,49	18,96 ± 0,36
10	35	17,5	4	57,35 ± 0,48	12,28 ± 0,48	24,60 ± 0,48	54,40 ± 0,48	11,26 ± 0,48	472,89 ± 24,41	18,29 ± 0,59
25	35	17,5	4	62,68 ± 0,57	15,91 ± 0,58	29,68 ± 0,58	58,78 ± 0,57	14,38 ± 0,58	652,54 ± 32,49	15,88 ± 0,49
40	35	17,5	4	69,45 ± 0,66	21,67 ± 0,38	36,26 ± 0,60	66,19 ± 0,94	20,44 ± 0,43	1044,91 ± 35,68	12,76 ± 1,03
20	17,5	17,5	4	56,05 ± 5,80	11,92 ± 3,99	22,80 ± 5,80	53,00 ± 5,80	8,61 ± 4,00	372,57 ± 206,33	16,09 ± 0,30
20	52,5	17,5	4	60,25 ± 5,80	12,13 ± 5,80	27,00 ± 5,80	57,20 ± 5,80	11,01 ± 5,80	512,18 ± 305,42	17,93 ± 2,35
20	70	17,5	4	61,70 ± 5,80	13,58 ± 5,80	28,45 ± 5,80	58,65 ± 5,80	12,46 ± 5,80	590,15 ± 318,40	15,09 ± 1,20
20	35	8,75	4	59,18 ± 0,38	11,06 ± 0,39	25,93 ± 0,39	56,13 ± 0,39	9,94 ± 0,39	430,89 ± 19,78	17,09 ± 0,60
20	35	26,3	4	57,70 ± 0,90	9,58 ± 0,90	24,45 ± 0,90	54,65 ± 0,90	8,46 ± 0,90	357,71 ± 43,85	18,16 ± 0,58
20	35	35	4	54,65 ± 0,60	6,53 ± 0,60	21,40 ± 0,60	51,60 ± 0,60	5,41 ± 0,60	215,79 ± 26,41	17,86 ± 0,93
0	0	0	8	61,18 ± 0,34	16,28 ± 0,14	27,35 ± 0,20	57,28 ± 0,39	14,48 ± 0,08	640,01 ± 3,10	14,95 ± 3,08
20	35	17,5	8	71,91 ± 1,46	24,92 ± 1,46	38,78 ± 1,46	68,08 ± 1,46	17,78 ± 1,24	932,26 ± 51,23	19,26 ± 0,84
10	35	17,5	8	65,80 ± 0,31	20,73 ± 0,31	33,05 ± 0,31	62,85 ± 0,31	19,71 ± 0,31	956,12 ± 19,82	16,95 ± 0,74
25	35	17,5	8	75,08 ± 0,18	28,31 ± 0,18	42,08 ± 0,18	71,18 ± 0,17	19,17 ± 0,47	1053,05 ± 26,66	14,13 ± 0,38
40	35	17,5	8	78,64 ± 1,24	31,19 ± 0,24	45,46 ± 1,14	75,96 ± 0,70	20,50 ± 0,50	1201,89 ± 22,28	14,51 ± 0,64
20	17,5	17,5	8	62,20 ± 6,55	14,08 ± 6,55	28,95 ± 6,55	59,15 ± 6,55	12,96 ± 6,55	625,30 ± 364,63	13,64 ± 0,55
20	52,5	17,5	8	61,63 ± 6,18	13,51 ± 6,18	28,38 ± 6,18	58,58 ± 6,18	12,39 ± 6,18	589,65 ± 338,43	19,03 ± 0,70
20	70	17,5	8	61,18 ± 3,94	13,06 ± 3,94	27,93 ± 3,94	58,13 ± 3,94	11,94 ± 3,94	553,18 ± 228,09	15,44 ± 0,41
20	35	8,75	8	60,78 ± 0,47	12,66 ± 0,48	27,53 ± 0,48	57,73 ± 0,48	11,54 ± 0,48	514,36 ± 25,38	20,25 ± 1,36
20	35	26,3	8	58,70 ± 1,25	10,58 ± 1,25	25,45 ± 1,25	55,65 ± 1,25	9,46 ± 1,25	408,08 ± 63,00	15,43 ± 0,60
20	35	35	8	57,56 ± 2,62	10,25 ± 3,83	24,25 ± 2,53	54,40 ± 2,45	8,96 ± 3,57	385,33 ± 175,86	13,36 ± 0,71

Nota. AP: altura de planta; DPC: diâmetro do pseudocaule; NF: número de folhas; CP: comprimento de folha; LF: largura de folha; AF: área foliar; ± desvio médio (n = 4).

Analisando a coluna da estatística de ANOVA múltipla que avalia a significância do modelo, observamos que todos os sete modelos são considerados significativos, ou seja, existem, são diferentes de zero (Tabela 3).



**Tabela 3** Modelos de Regressão linear múltipla pelo Método Inserir

		(Constante)	Nitrogênio	Fosforo	Potássio	Esterco	ANOVA	R2
AP	Coef. (B)	51,5	0,35205	0,02315	-0,19982	1,12102	<0,001	53,6%
	P-valor	<0,001	<0,001	0,393	<0,001	<0,001		
DPC	Coef. (B)	7,2	0,30407	-0,02147	-0,20067	1,07739	<0,001	46,5%
	P-valor	<0,001	<0,001	0,449	0,001	<0,001		
NF	Coef. (B)	17,8	0,36494	<0,00107	-0,16532	1,19372	<0,001	55,1%
	P-valor	<0,001	<0,001	0,998	0,003	<0,001		
CF	Coef. (B)	47,8	0,35558	0,03441	-0,19823	1,12261	<0,001	55,0%
	P-valor	<0,001	<0,001	0,198	<0,001	<0,001		
LF	Coef. (B)	6,5	0,19051	0,00608	-0,16104	0,86571	<0,001	43,7%
	P-valor	<0,001	<0,001	0,791	0,001	<0,001		
AF	Coef. (B)	202,0	13,22	0,22247	-9,24	50,90	<0,001	47,5%
	P-valor	0,001	<0,001	0,863	<0,001	<0,001		
PS Folha	Coef. (B)	14,7	0,01338	0,04229	-0,03106	0,06207	0,024	8,4%
	P-valor	<0,001	0,616	0,004	0,286	0,340		

Nota: **p-valores:** considerados estatisticamente significativos perante o nível de significância de 0,05, **p-valores:** considerados não significativos perante o nível de significância 0,05.

A característica PS Folha apresentou o valor de R2 considerado baixo, os demais apresentaram resultado considerado mediano, explicando entre 43% e 55% da variação nas características de crescimento da planta, indicando a existência de outros fatores influenciando no crescimento da planta e que não foram considerados no modelo.

Considerando que neste modelo utilizamos apenas 4 variáveis explicativas, podemos dizer que os modelos determinados são bons. Isto porque o modelo apresenta rejeição da hipótese nula (teste F significativo), por esse motivo o efeito das variáveis selecionadas não pode ser desconsiderado no modelo.

Outros estudos com modelos de regressão linear múltipla aplicada ao manejo da fertilidade do solo e seu impacto sobre os fatores de crescimento de culturas agrícolas destacam que também encontraram R2 baixos e medianos e que em condições de campo há diversos fatores influenciando diretamente sobre o desenvolvimento da planta que não puderam ser controlados durante a execução dos experimentos (DALCHIAVON, 2017; BEAUCLAIR, 1991).

Vale notar que em praticamente todos os modelos, com exceção de PS Folha e o nutriente Fósforo não foi estatisticamente significativa para a predição.

Assim, optou-se então em utilizar o método Stepwise e na tabela 3 é mostrado todos os modelos novamente, mas agora somente com as variáveis significativas.



Nota-se que de fato nos modelos a variável Fósforo não entrou como preditora significativa, à exceção do modelo para PS Folha. No entanto esse modelo para PS Folha tem um R2 muito baixo e não vale a pena sua explicação.

Os demais modelos, além de significativos, possuem quase os mesmos valores de R2 calculados quando foi utilizado o método Inserir.

Neste sentido, com este modelo foi possível estabelecer as equações (Tabela 5) em que ao inserir as doses de nitrogênio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), fósforo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) potássio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e esterco ( $\text{g planta}^{-1}$ ), pode-se prever a expectativa de resposta das variáveis de crescimento avaliadas minimizando ao máximo as diferenças entre o valor observado e o estimado para solos com as características semelhantes ao do estudo.

**Tabela 4** Modelos de Regressão linear múltipla pelo Método Stepwise

		Constante	Esterco	Nitrogênio	Potássio	Fosforo	ANOVA	R2
$\Delta D$	Coef. (B)	51,86	1,1210	0,3648	-0,1871			
	P-valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	53,3%
$\eta DC$	Coef. (B)	6,90	1,0774	0,2922	-0,2124			
	P-valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	46,3%
$\eta E$	Coef. (B)	17,76	1,1937	0,3650	-0,1653			
	P-valor	<0,001	<0,001	<0,001	0,002		<0,001	55,1%
$\eta F$	Coef. (B)	48,26	1,1226	0,3745	-0,1794			
	P-valor	<0,001	<0,001	<0,001	0,001		<0,001	54,5%
$\eta E$	Coef. (B)	6,59	0,8657	0,1939	-0,1577			
	P-valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	43,7%
$\Delta F$	Coef. (B)	205,23	50,90	13,35	-9,12			
	P-valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	47,5%
PS Folha	Coef. (B)	14,75				0,0391		
	P-valor	<0,001				0,002	0,002	6,9%

Nota: p-valores: considerados estatisticamente significativos perante o nível de significância de 0,05.

**Tabela 5** Equações para predição das variáveis de crescimento em função das doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O e Esterco bovino.

Variáveis	Equações
AP	$AP = 51,5 + (0,35205 * N) + (0,02315 * P_2O_5) - (0,19982 * K_2O) + (1,12102 * E)$
DPC	$DPC = 7,2 + (0,30407 * N) - (0,02147 * P_2O_5) - (0,20067 * K_2O) + (1,07739 * E)$
NF	$NF = 17,8 + (0,36494 * N) + (0,00007 * P_2O_5) - (0,16532 * K_2O) + (1,19372 * E)$
CF	$CF = 47,8 + (0,35558 * N) + (0,03441 * P_2O_5) - (0,19823 * K_2O) + (1,12261 * E)$
LF	$LF = 6,5 + (0,19051 * N) + (0,00608 * P_2O_5) - (0,16104 * K_2O) + (0,86571 * E)$
AF	$AF = 202,0 + (13,22 * N) + (0,22247 * P_2O_5) - (9,24 * K_2O) + (50,90 * E)$

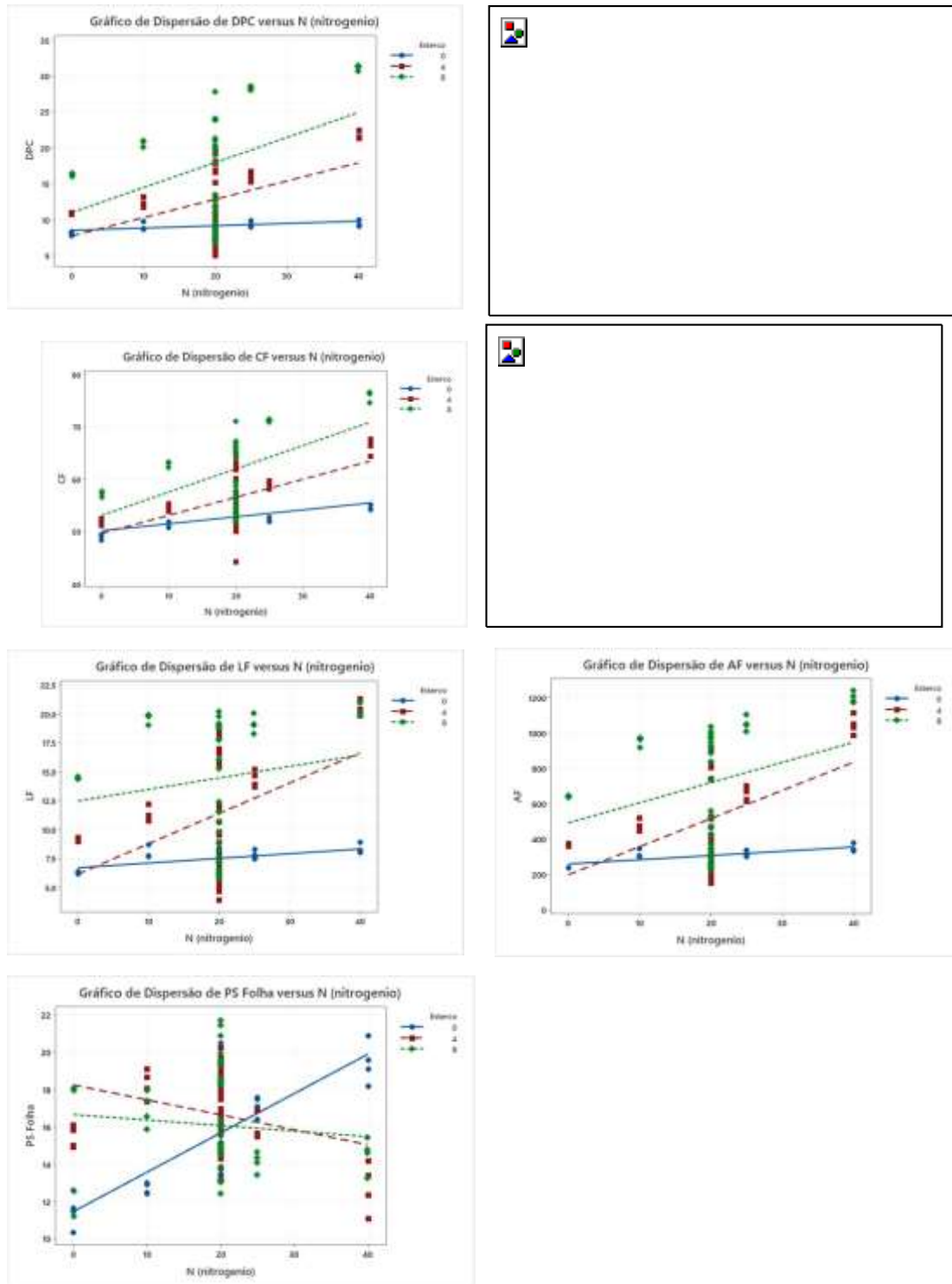
N= dose de nitrogênio Kg ha<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=dose de fósforo Kg ha<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O=dose de potássio Kg ha<sup>-1</sup>, E=dose de esterco Kg planta<sup>-1</sup>

O nitrogênio (N) apresentou efeito significativo e linear em todos os parâmetros de crescimento da planta, exceto para o PS da folha (Figura 8). A adubação fosfatada não apresentou efeito linear para os parâmetros de crescimento da planta. Os melhores resultados foram encontrados na dose de 35 kg ha<sup>-1</sup> na interação com a dose de 8 Kg planta<sup>-1</sup> de esterco (Figura 9). Em relação ao potássio (K), apresentou efeito significativo linear em todos os parâmetros de crescimento da planta. Também é possível verificar que doses crescentes de potássio não repercutiram em aumento de crescimento dos parâmetros avaliados, mas, na dose 17,5 Kg ha<sup>-1</sup>, notam-se os maiores picos de contribuições deste nutriente na interação com a dose de 8 Kg planta<sup>-1</sup> de esterco (Figura 10). Segundo Malavolta (2006), com manejo adequado da adubação, com os nutrientes N,P e K, o sisal responderá positivamente em termos de produtividade.

A adubação nitrogenada demonstrou suprir as demandas da cultura do sisal, não apresentando sinais visíveis de deficiência. Reafirmando os estudos realizados por Malavolta (2006), nota-se que o incremento nos parâmetros de crescimento encontrados neste estudo, a partir do manejo da adubação, dá um indicativo de que a planta responde positivamente a estímulos nutricionais.

Os resultados encontrados nesse estudo corroboram com os resultados de estudos realizado por Freitas, (2018), em que o sisal respondeu de forma significativa e linear às doses de N, P e K, nos parâmetros de crescimento avaliados. A mesma autora, estudando a interação entre adubação com N, P e K

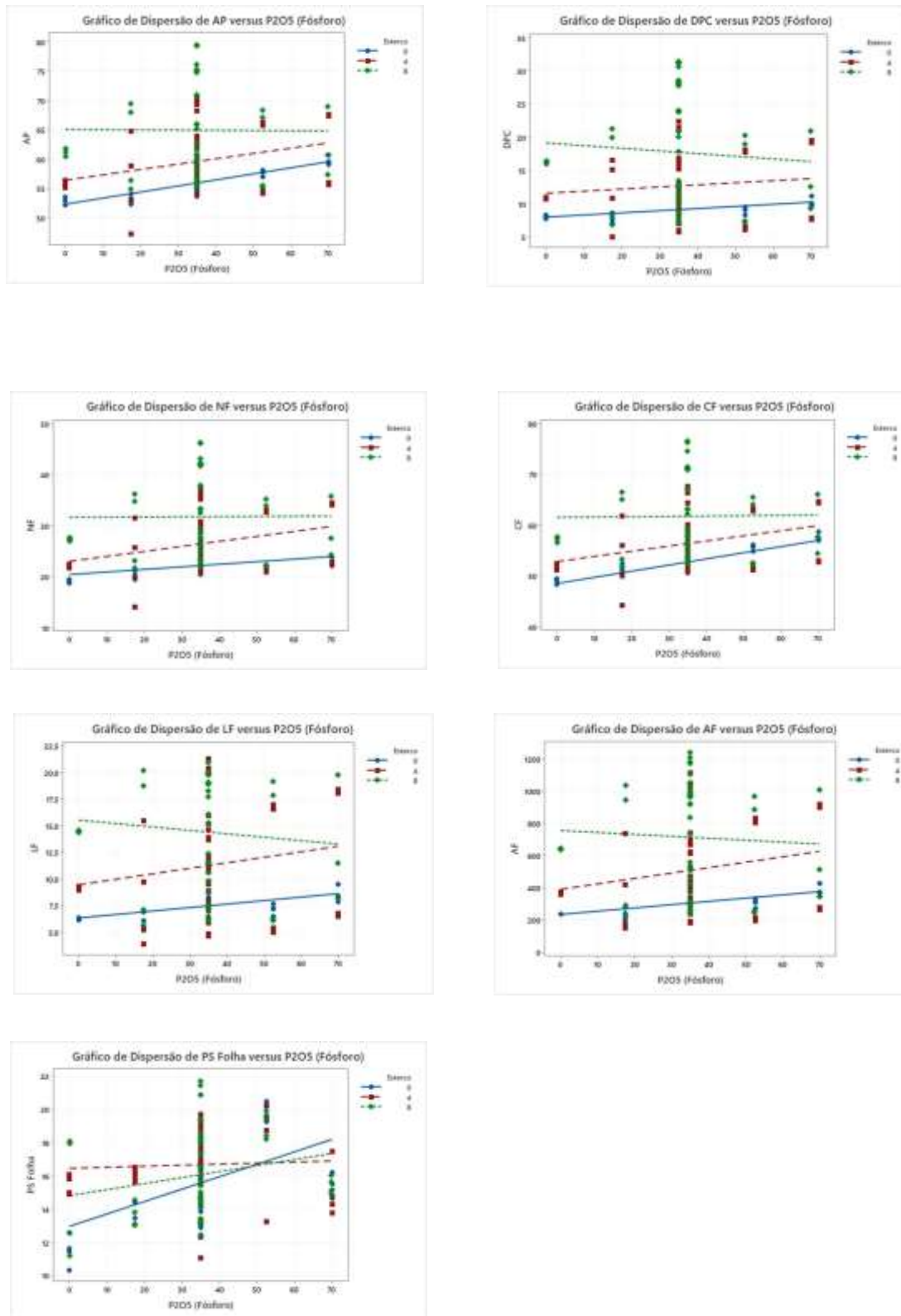
consorciada com fontes de matéria orgânica, obteve resultados satisfatórios nos mesmos parâmetros avaliados (FREITAS et al., 2019).



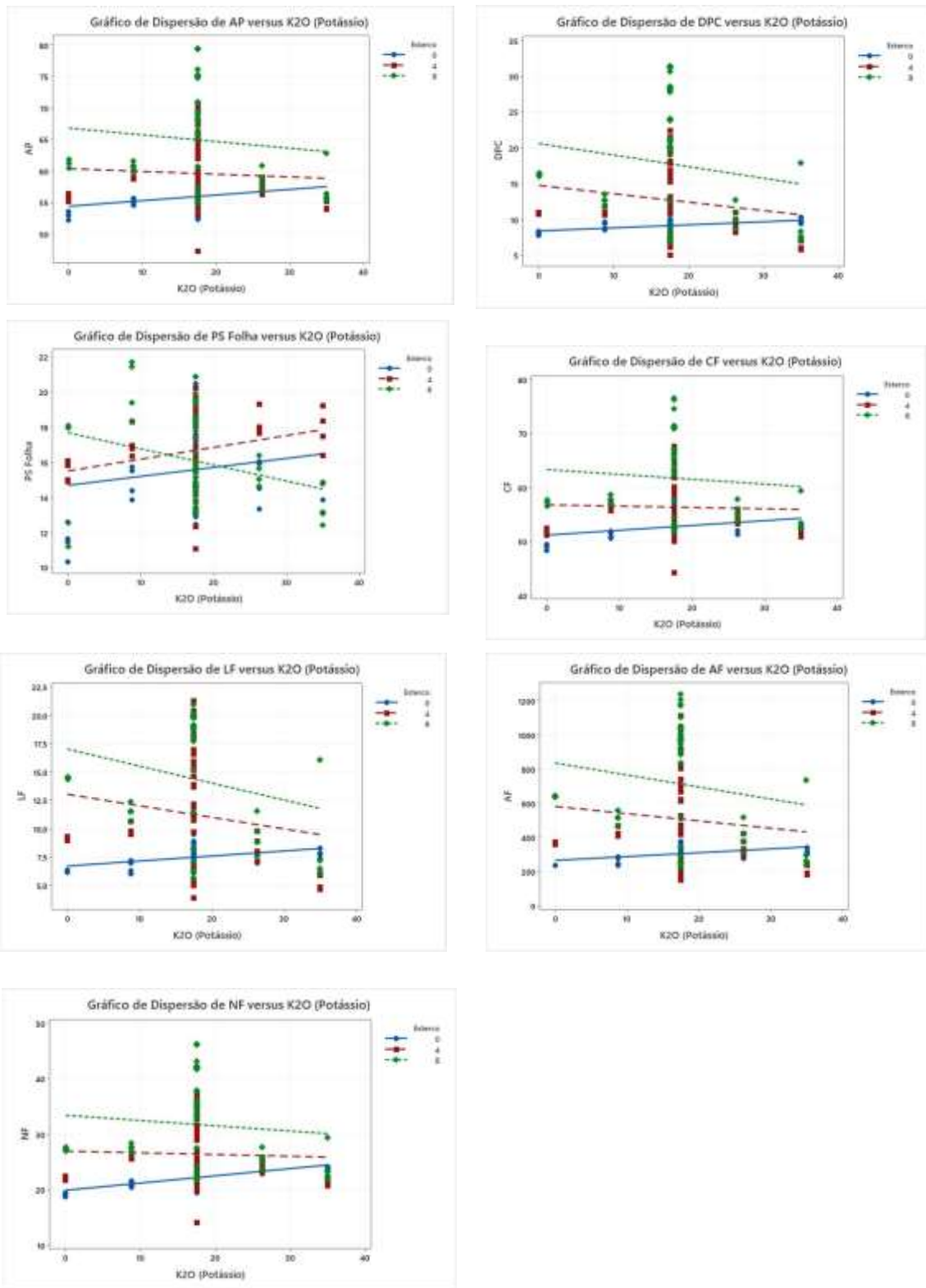
**Figura 8** Efeito do nitrogênio nos parâmetros produtivos de folha de sisal

Em relação ao efeito do fósforo não ter tido comportamento linear no solo estudado, é possível que haja relação com o que foi descrito por (MACHADO et al.,

2011) onde afirma que em solos arenosos, há uma tendência de maior disponibilidade deste nutriente uma vez que a adsorção é menor em função do baixo teor de argila.



**Figura 9** Efeito do fósforo sobre os componentes de produção de folha de sisal



**Figura 10** Efeito do potássio sobre os componentes de produção de folha sisal

## 4 CONCLUSÕES

A adição dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e esterco foram significativos em relação aos parâmetros de crescimento avaliados no cultivo de sisal em Planossolo Háptico Eutrófico arênico.

Comparando o tratamento testemunha com os que receberam a maior dose de esterco (8 kg de esterco planta<sup>-1</sup>) sem nenhuma dose de N, P e K, as características AP, NF e AF apresentaram aumento de 15,5%, 42,8% e 169% respectivamente, indicando que a aplicação de matéria orgânica por si só já representa uma excelente forma de manejo da adubação para o tipo de solo estudado.

As doses médias dos macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio e esterco que promoveram maior incremento nos parâmetros de crescimento durante o período avaliado foram: 40 Kg ha<sup>-1</sup> de N; 35 Kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 17,5 Kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 8 Kg planta<sup>-1</sup> de esterco.

A interação da maior dose de N com a maior dose de esterco, mantendo as doses de fósforo e potássio nos níveis de referência, possibilitou os maiores incrementos nos parâmetros de crescimento da cultura.

O modelo matemático estimado é útil para estimar a resposta dos parâmetros de crescimento em função de doses aplicadas dos tratamentos, pois o p - valor do teste F é menor que 0,05.

Há evidências de que as variáveis de crescimento estão relacionadas com doses dos tratamentos, pois todas possuem valor-p menor que 0,05, com exceção do PS da folha que só foi significativo para fósforo.

Analisando os sinais dos parâmetros nas doses de nitrogênio e esterco nota-se que à medida que as doses aumentam ocorre maior incremento nos parâmetros de crescimento da planta, enquanto um aumento nas doses de fósforo e potássio acarreta menor incremento nos parâmetros de crescimento.

## 5 REFERÊNCIAS

BROEREN, M. L. M. et al. Life cycle assessment of sisal fibre – Exploring how local practices can influence environmental performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, n. 2017, p. 818–827, 2017.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2a ed. Viçosa: UFV, 2001.

DIEBEL, J.; NORDA, J.; KRETCHMER, O. **Condições meteorológicas médias de Conceição do Coité**. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/31005/Clima-característico-em-Conceição-do-Coité-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 3 dez. 2020.

EMBRAPA. Cultivo do Sisal no Nordeste Brasileiro. **Circular Técnica**, v. 123, p. 1–24, 2008.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3a edição ed. Distrito Federal: EMBRAPA, 2017.

FERREIRA, G. B. **A nutrição mineral e a adubação do sisal**, EMBRAPA. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <[http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/A+NUTRICA0+MINERAL+E+A+ADU+BACAO+DO+SISAL\\_000gw82xo2d02wx7ha0myh2loidh5he0.pdf](http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/A+NUTRICA0+MINERAL+E+A+ADU+BACAO+DO+SISAL_000gw82xo2d02wx7ha0myh2loidh5he0.pdf)>.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. DE A. **Curso de Estatística**. 6o ed. São Paulo: Atlas, 1996.

FREITAS, A. B. T. M. **Desenvolvimento de *Agave sisalana* Perrine sob diferentes manejos de adubação e consórcio**. [s.l.] Universidade Federal da Paraíba, 2018.

FREITAS, A. B. T. M. et al. Desenvolvimento de *Agave sisalana* Perrine sob diferentes manejos de adubação e consórcio. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n. 4, p. 39–46, 2019.

GEORGE, K. R. A taxonomic revision of the genus *Agave* ( *Agavaceae* ) in the Lesser Antilles , with an ethnobotanical hypothesis. **Brittonia**, v. 52, n. 1913, p. 218–233, 2000.

GERALDO-CAÑA, D. Una nueva especie de *Agave* ( *Asparagaceae* ) de Colombia y una clave taxonómica para las especies sudamericanas. **Caldasia**, v. 39, n. 1, p. 33–49, 2017.

HARTEMINK, A. E. Input and Output of Major Nutrients Under Monocropping Sisal in Tanzania. **Land Degradation & Development**, v. 8, p. 305–310, 1997.

HARTEMINK, A. E. **Book review. Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 105, n. 3, p. 555–556, 2005.

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p. 73, dez. 2017.

LOPES, E. DE S.; OLIVEIRA, F. A. Efeito da aplicação de calcário e de fósforo sobre algumas características produtivas do Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Engenharia ambiental**, v. 10, n. 3, p. 188–203, 2013.

MACHADO, V. J. et al. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 1, p. 70–76, 2011.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2a ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa de Potassa e de Fosfato, 1997.

MAPA. **Sisal Brasil – Observações 2018\***. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fibras-naturais/2018/copy\\_of\\_19a-ro/csfm-20-a-ro-in-sisal.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fibras-naturais/2018/copy_of_19a-ro/csfm-20-a-ro-in-sisal.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2019.

MAPA. **Gargalos das culturas do sisal, malva, piaçava, côco, seda e banbu: breve panorama para orientar uma proposta de governança**. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fibras-naturais/2019/21a-ro/diagnostico-setor-fibras\\_20-marco-2019\\_final-convertido.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fibras-naturais/2019/21a-ro/diagnostico-setor-fibras_20-marco-2019_final-convertido.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2019.

MURRAY, R. S. **Estatística Coleção Schaum**. 3a ed. São Paulo: Editora Afiliada, 1993.

SANTOS, A. F. DE J. et al. Diazotrophic bacteria associated with sisal (*Agave sisalana* Perrine ex Engelm): potential for plant growth promotion. **Plant and Soil**, v. 385, n. 1–2, p. 37–48, 2014.

SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5a ed. Brasília: EMBRAPA, 2018.

SANTOS, E. M. C.; SILVA, O. A. DA. Sisal Na Bahia - Brasil. **Mercator**, v. 16, n. 16029, p. <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v16/1984-2201-me>, 2017.

SEAGRI. **Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia**. Comissão e ed. Salvador: SEAGRI, 1989.

SHAMTE, S. **Visão geral da indústria do Sisal e Henequen**: uma perspectiva dos produtores. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/Y1873E/y1873e05.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

SILVA, O. R. R. F. DA. Cultivo do Sisal no Nordeste Brasileiro. Circular Técnica, v. 123, p. 24, 2008.

SILVA, F. F. **Crescimento e nutrição de mudas de sisal cultivadas em campo com plantas de cobertura**. [s.l.] Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2015.

SOFIATTI, V. et al. Um Método Simples Para Determinar a Área Foliar Do Sisal Híbrido 11648. **Revista Brasileira de Oleosas e Fibrosas**, v. 13, n. 1, p. 1–7, 2009.

SOUSA, E. J. S. **Ocupação e uso do solo pela cultura do *Agave sisalana* no Território de Identidade do Sisal – Semiárido da Bahia**. [s.l.] UFRB, 2015.

TURRENT, F. A. Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción. **Chapingo: Rama de Suelos**, v. 6, 1979.

VALENTIM, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 1942.



VIEIRA, S. **Introdução à Bioestatística**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.

VIEIRA, S. **Bio Estatística Tópicos Avançados**. 2a ed. Rio de Janeiro: Editora Campos, 2004.

Dalchiavon, F. C. et al. Relações da produtividade de cana-de-açúcar com atributos químicos de um Argissolo. **Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, págs. 756-769, 2017.

BEAUCLAIR, E. G. F. **Relações entre algumas propriedades químicas do solo e a produtividade da cana-de-acucar (saccharum spp), através de regressão linear múltipla.** 01/12/1991 90 f. Mestrado em Agronomia (Solos e Nutricao de Plantas) Instituição de Ensino: UNIV.DE SÃO PAULO/ESCOLA SUP. DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ, PIRACICABA, 1991.

## **CAPÍTULO 4**

### **CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DO SISAL SOB DIFERENTES FERTILIZAÇÕES**

---

Artigo a ser ajustado para posterior submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Journal of Agronomy and Crop Science, Qualis A1, Fator de impacto 3,47, publicação quadrimestral.

Site:

<https://onlinelibrary.wiley.com/journal/1439037x>

**FOTOSSÍNTESE, RESPIRAÇÃO, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA E TAXA DE  
ACUMULAÇÃO DE CO<sub>2</sub> EM PLANTAS DE *Agave sisalana***

**Autor:** André Santos de Oliveira

**Orientadora:** Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

**Coorientador:** Prof. Dr. Manoel Teixeira de Castro Neto

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi avaliar a taxa de fotossíntese, respiração, condutância estomática, taxa de acumulação de CO<sub>2</sub>, teor relativo de água na folha, número de folhas e área foliar em plantas de *Agave sisalana* submetidas a doses de nitrogênio, fósforo e potássio, cultivadas em campo, no semiárido da Bahia. O estudo foi conduzido durante um período de cinco meses na Fazenda Vitória, distrito de Salgadália, no município de Conceição do Coité -BA, coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S, longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m. Os tratamentos N3 (40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio), P3 (70 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo) e K3 (35 kg ha<sup>-1</sup> de potássio) contribuíram para o aumento no número de folhas e área foliar de plantas de *Agave sisalana*. Em relação às concentrações dos macronutrientes N, P e K, foram encontradas 28 g kg<sup>-1</sup> de N e 2,1 g kg<sup>-1</sup> de P nas plantas que receberam o tratamento P3 (70 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo). A maior concentração de K (29 g kg<sup>-1</sup>) foi encontrada nas plantas que receberam o tratamento K3 (35 kg ha<sup>-1</sup> de potássio). Verificou-se que as doses de adubação não afetaram a absorção de CO<sub>2</sub>, entretanto, as plantas que receberam K na dose de 35 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram maior condutância estomática.

**Palavras-chave:** Trocas gasosas no sisal, metabolismo ácido das Crassuláceas, adubação e fotossíntese no sisal.

## PHOTOSYNTHESIS, RESPIRATION, STOMATIC CONDUCTANCE AND CO<sub>2</sub> ACCUMULATION RATE IN *Agave sisalana* PLANTS

**Author:** André Santos de Oliveira

**Advisor:** Prof. Dr. Ana Cristina Fermino Soares

**Co-advisor:** Prof. Dr. Manoel Teixeira de Castro Neto

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate photosynthesis rate, respiration, stomatal conductance, CO<sub>2</sub> accumulation rate, relative leaf water content, number of leaves and leaf area in *Agave sisalana* plants subjected to doses of nitrogen, phosphorus, and potassium, cultivated in the field, in the semi-arid region of Bahia. The study was conducted during a period of 5 months after planting at Fazenda Vitória, district of Salgadália, in the municipality of Conceição do Coité - BA, geographic coordinates latitude: 11°26'00" S, longitude: 39° 11'16" W and altitude of 439m. The treatments N3 (40 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen), P3 (70 kg ha<sup>-1</sup> of phosphorus) and K3 (35 kg ha<sup>-1</sup> of potassium) contributed to the increase of leaves and leaf area of *Agave sisalana* plants evaluated. Regarding the concentrations of the macronutrients N, P and K, 28 g kg<sup>-1</sup> of N and 2.1 g kg<sup>-1</sup> of P were found in plants that received treatment P3 (70 kg ha<sup>-1</sup> of phosphorus). The highest concentration of K (29 g kg<sup>-1</sup>) was found in plants that received the K3 treatment (35 kg ha<sup>-1</sup> of potassium). It was verified that the fertilization doses did not affect the absorption of CO<sub>2</sub>, however, the plants that received the K3 treatment (35 kg ha<sup>-1</sup> of potassium) promoted greater stomatal conductance.

**Keywords:** Gas exchange in sisal, acid metabolism of Crassulaceans, fertilization and photosynthesis in sisal.

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas vêm afetando significativamente a vegetação do planeta e têm provocado mudanças generalizadas na agricultura. Uma destas mudanças tem sido a adoção de tecnologias que aumentam a resiliência das culturas quanto à tolerância ao déficit hídrico (BONGERS et al., 2016; DIFFENBAUGHA et al., 2017; PEREIRA, 2017). Dentro deste cenário causado principalmente pela redução da pluviosidade, o sistema fotossintético do Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM) tem o potencial de auferir vantagens às plantas que o possuem e dessa forma apresentam características morfológicas e fisiológicas que lhes conferem melhor capacidade de crescimento e produção agrícola em ambientes áridos ou semiáridos (PEREZ et al., 2018).

As espécies do gênero *Agave* têm sido usadas como modelos nos estudos do metabolismo CAM, com o objetivo de entender os mecanismos desenvolvidos por estas plantas para sobrevivência e produção em ambientes áridos e semiáridos (ABRAHAM et al., 2016; PIMENTEL, 1998). No cenário internacional, dentre as espécies do gênero *Agave*, a *Agave sisalana*, conhecida como sisal, é uma das culturas mais utilizadas como matéria prima para produção de fibra natural no mundo, tendo como principais produtores o Brasil com 38%, Tanzânia com 16%, China com 13%, Quênia com 10%, Madagascar com 8%, México com 6%, Haiti com 5% e Marrocos, África do Sul e Venezuela com 1% (FAO, 2022).

No Brasil, toda a produção de sisal é oriunda da região Nordeste, especificamente da região semiárida da Bahia, que é responsável por cerca de 95% desse total. Essa região abrange uma área de 21.256,50 Km<sup>2</sup> e a população total do território é de 582.331 habitantes, dos quais 333.149 vivem na área rural, o que corresponde a 57,21% do total. Possui 58.238 agricultores familiares, 2.482 famílias assentadas, 2 comunidades quilombolas e 1 área de território indígena. Seu IDH médio é 0,60 (FAO, 2022; IBGE, 2021; SILVA et al., 2018). Embora a região Nordeste domine a produção de sisal no Brasil, dados apontam para uma redução de 68% na produção e de 63,7% na área plantada nos últimos 10 anos (FAO, 2022; SOARES et al., 2020).

Dentre outros, os principais fatores responsáveis por essa queda está na carência de estudos sobre a cultura, baixo nível tecnológico do sistema de produção e ausência de manejo da fertilidade do solo (MAPA, 2019). Sobre o aspecto nutricional, o nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K) são nutrientes essenciais para o desenvolvimento e crescimento das plantas.

Estudos com plantas CAM mostraram haver forte correlação entre a concentração de N e a área foliar, indicando que o aumento na concentração de N resulta no aumento da área foliar, ampliando dessa forma a área fotossintética (GRUBB et al., 2015). Em relação ao P, estudos apontaram que quando há variação na concentração de P na folha, a concentração de N varia de forma positiva ou negativa, sugerindo que o teor de P pode limitar a absorção de N pela planta e conseqüentemente sua concentração na folha (NOBEL, 1989). Outros estudos demonstraram que as plantas CAM, quando cultivadas sob deficiência de P e deficiência hídrica, crescem menos e apresentam maior acúmulo noturno de ácidos orgânicos em comparação com mudas cultivadas na presença de P (PEREIRA; CUSHMAN, 2019).

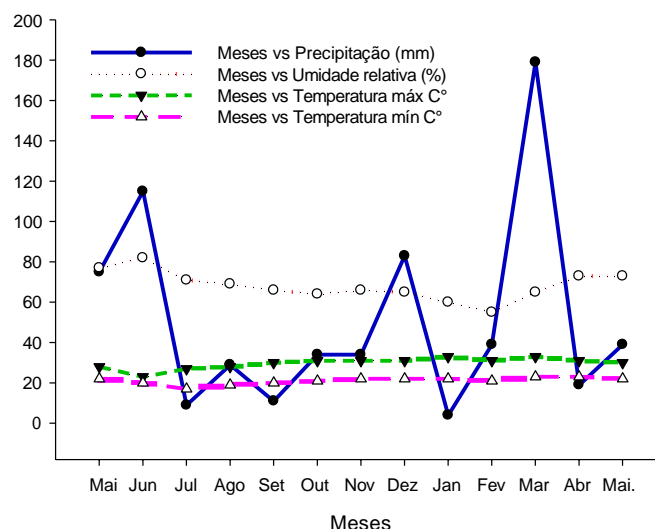
Embora a concentração dos nutrientes N, P e K na planta tenha uma relação direta com as concentrações disponíveis no solo, estudos apontam que não está clara a forma como esses macronutrientes afetam o metabolismo CAM, principalmente quando os fatores ambientais aplicam sobre a planta condições extremas (NIECHAYEV; PEREIRA; CUSHMAN, 2019).

Considerando esses aspectos, o objetivo deste estudo foi avaliar a taxa de fotossíntese, condutância estomática, teor relativo de água na folha, número de folhas e área foliar em plantas de *Agave sisalana* submetidas a doses de N, P e K, cultivadas em condições de campo no Semiárido da Bahia.

## **2 MATERIAL E MÉTODO**

O estudo foi conduzido em condições de sequeiro, região Semiárida na Fazenda Vitória, distrito de Salgadália no município de Conceição do Coité-BA, no período de maio de 2018 a maio de 2019, coordenadas geográficas latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

Foram sistematizadas a precipitação, umidade relativa do ar e temperatura máxima e mínima mensal durante o período experimental (Figura 1).



**Figura 1** Precipitação, umidade relativa do ar e temperatura máxima e mínima na região durante o período experimental, maio de 2018 a maio de 2019.

O solo da área foi Planossolo Háplico Eutrófico arênico, identificado através do manual de classificação de solo da Embrapa (SANTOS et al., 2018). Foi analisada amostra composta resultante da mistura de 20 amostras simples da camada de 0-20cm de profundidade. As amostras então foram secas ao ar e peneiradas em peneira de 2,0mm. A caracterização química e classe textural do solo (Tabela 1) foram realizadas de acordo com o Manual de métodos de análise de solos descrito pela Embrapa (EMBRAPA, 2017).

O solo do experimento foi considerado de baixa fertilidade, justificando sua adubação (CFSEMG, 1999).

**Tabela 1** Caracterização química e classe textural do solo

pH	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al
H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>			cmol(c)/dm <sup>3</sup>			
6,5	0,3	11,73	0	4,7	1,5	0,0	0,6
SB	CTC(t)	CTC(T)	MO	V	Classe Textural		
cmol(c)/dm <sup>3</sup>			%	%	Arenoso		
6,23	6,23	6,83	1,1	91,2			

Análises realizadas de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solos descrito pela Embrapa 2019.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com 11 tratamentos em quatro repetições. Cada unidade experimental constou de quatro plantas, espaçadas entre si de 1m em fileiras duplas e de 3 m entre blocos. Os tratamentos foram arranjados no método baconiano (TURRENT, 1979).

O método baconiano consiste em fornecer um dos nutrientes em quantidades variáveis, enquanto os demais são mantidos em níveis de referência (Tabela 2): três nutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio) com três doses diferentes e dois tratamentos adicionais, um com todas as doses de referência determinadas com base no Manual de Calagem e Adubação do Estado da Bahia (SEAGRI, 1989), e outro sem adição dos nutrientes. Do total de 11 tratamentos, para fins de avaliação foram selecionados quatro tratamentos: T0, N3, P3 e K3 que se referem respectivamente ao tratamento testemunha e aos tratamentos com as maiores doses de nitrogênio, fósforo e potássio (Tabela 2).

Para os dados de taxa de fotossíntese, respiração, condutância estomática e concentração interna de CO<sub>2</sub> foram selecionadas duas folhas medianas, recentemente abertas, mais maduras de cada planta. Estes dados foram coletados utilizando um sistema IRGA portátil Lc pro+ (ADC- UK). O aparelho estava configurado para uma taxa de fluxo de absorção de 100 unidades. As medições eram iniciadas após as leituras estabilizarem, monitorando as variáveis acima por um período, em média, de 5 a 8 minutos para cada medição. O Teor Relativo de Água foi estabelecido segundo metodologia de Turner (TURNER, 1981). Para os dados de número de folhas, foram contadas todas as folhas de cada planta avaliada. Para a área foliar, foram selecionadas três folhas medianas, mais maduras, em cada planta, para serem avaliadas; o cálculo da área foliar foi realizado através da equação  $AF=0,772.CL$ , onde: AF=área foliar, 0,772=fator de ajuste, C=comprimento de folha e L=largura de folha (SOFIATTI et al., 2009). Para análise dos dados obtidos foram calculadas as médias, valor de máximo e mínimo e o desvio padrão.

**Tabela 2** Tratamentos obtidos pela matriz baconiana com as doses de adubação aplicadas por hectare.

Tratamentos	Adubação			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Esterco
	-	- kg ha <sup>-1</sup> -	-	t ha <sup>-1</sup> -
T0**	0,00	0,00	0,00	0,00
TB*	20,00	35,00	17,50	20,00
N1	10,00	35,00	17,50	20,00
N2	25,00	35,00	17,50	20,00
N3**	40,00	35,00	17,50	20,00
P1	20,00	17,50	17,50	20,00
P2	20,00	52,50	17,50	20,00
P3**	20,00	70,00	17,50	20,00
K1	20,00	35,00	8,75	20,00
K2	20,00	35,00	26,25	20,00
K3**	20,00	35,00	35,00	20,00

Nota: \*Valores das doses de referência, \*\*Tratamentos avaliados com o sistema IRGA (Lc pro+ - ADC – UK).

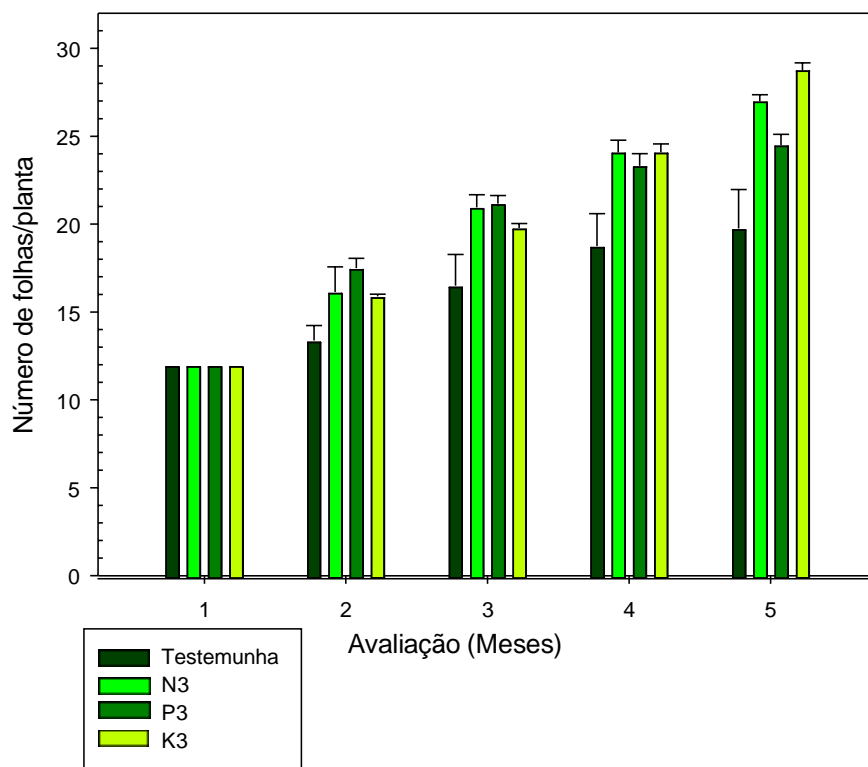


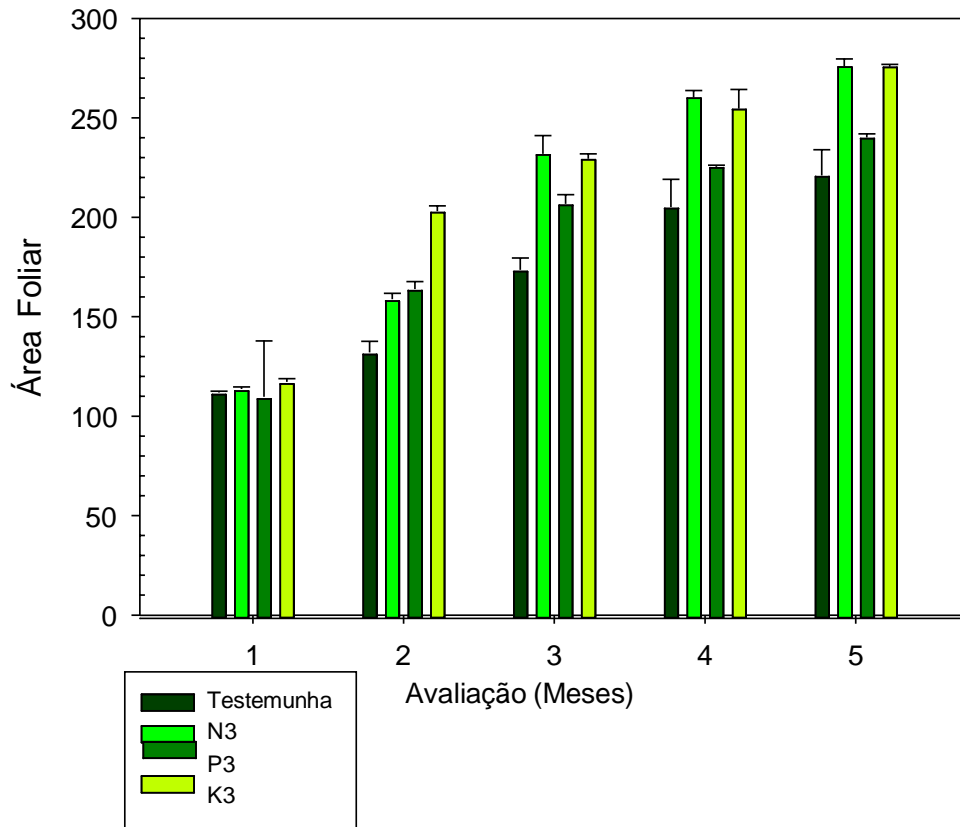
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Número de folhas, área foliar e teor relativo de água

Analisando os valores médios do efeito dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (Figura 2), observa-se que houve diferenças em relação ao número de folhas e área foliar nesta fase do crescimento das plantas, para todas as doses de nutrientes aplicadas, principalmente em relação aos tratamentos com as maiores doses de nitrogênio e potássio. Isso se justifica pelo fato do nitrogênio ter papel importante na planta, principalmente como indutor de crescimento vegetativo, e o potássio na regulação do potencial osmótico estomatal da planta (MALAVOLTA, 2006; SALGADO; FEITOSA; HIROGE, 1981; SINCLAIR; HORIE, 1989).

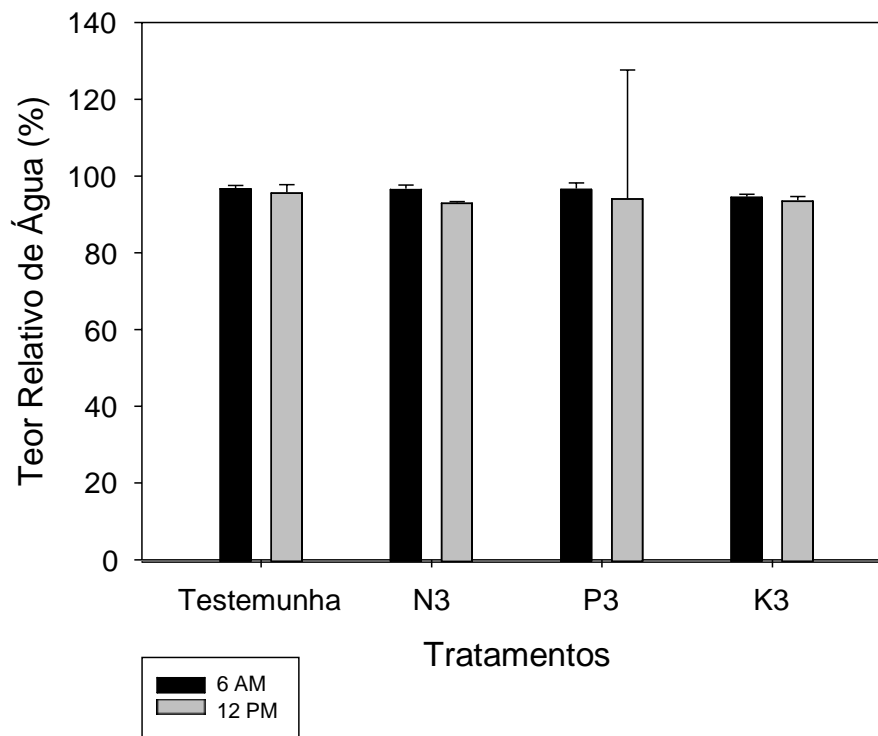
Em relação ao fósforo, o mesmo foi observado. O efeito principal deste elemento está na indução do sistema radicular (FAQUIN, 2002; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004; VIEIRA et al., 2010).





**Figura 2** Características de crescimento Número de Folhas (NF) e Área Foliar (AF) avaliadas em *Agave sisalana* submetida a adubação com N, P, K mensalmente, durante 5 meses em Conceição do Coité-BA no ano de 2019. Coordenadas geográficas, latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

Quanto ao efeito de déficit hídrico, os dados de teor relativo de água (TRA) indicam que as plantas não estavam sob déficit hídrico, uma vez que todos os tratamentos apresentaram valores altos de TRA (Figura 3). Na comparação entre a condição hídrica no período da manhã e no horário de meio dia, o TRA diminui devido ao aumento da demanda evaporativa, a qual não foi suficiente para causar nenhum estresse às plantas (FERREIRA, 1992; HOPKINS, 2000).

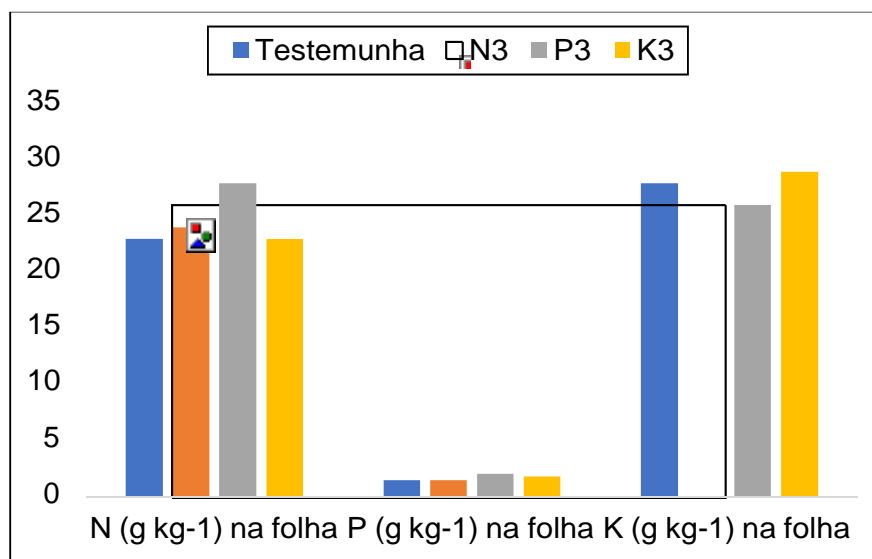


**Figura 2.** Valores médios do efeito dos macronutrientes no teor relativo de água, avaliados às 6 da manhã e ao meio-dia em *Agave sisalana*, no município de Conceição do Coité-BA, no ano de 2019. Coordenadas geográficas, latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

Em relação ao efeito das doses dos macronutrientes aplicados no solo e a concentração destes na folha do sisal (Figura 3), a maior concentração de nitrogênio ( $28 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi encontrada no tratamento P3 e não no tratamento N3. É possível que este comportamento esteja relacionado com a relação direta entre o teor de P e a absorção de N pela planta (SILVA, 2015). A maior concentração de P na folha ( $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi observada também no tratamento P3. A resposta da planta à adubação com P no solo era esperada devido ao fato do solo em que se instalou o plantio de sisal apresentar baixo teor de P, além da capacidade de baixa adsorção devido a sua textura arenosa. Ambos o P e o N são elementos fundamentais na promoção do crescimento vegetal. O processo fotossintético depende da síntese inicial, a partir do P, de dois açúcares fundamentais: a triose fosfato e hexose fosfato. A falta de N reduz o crescimento e o teor de clorofila na folha impactando diretamente na fotossíntese (PEREIRA; CUSHMAN, 2019).

Por se tratar de um outro elemento com baixa disponibilidade no solo estudado, o tratamento K3 apresentou maior incremento na concentração de K na folha ( $29 \text{ g kg}^{-1}$ ). Embora seja um nutriente importante no processo de abertura

estomática na fotossíntese, nota-se que a concentração de K na folha também cresceu no tratamento testemunha, mostrando que a planta, mesmo em condições de solo com baixa fertilidade, pode otimizar a maquinaria celular no processo de extração de nutrientes do solo.



**Figura 3.** Valores médios do efeito das doses dos macronutrientes aplicados no solo: N (40 kg ha<sup>-1</sup>), P (70 kg ha<sup>-1</sup>) e K (35 kg ha<sup>-1</sup>) na concentração de N, P e K na folha (g kg<sup>-1</sup>) de *Agave sisalana* no município de Conceição do Coité-BA no ano de 2019. Coordenadas geográficas, latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

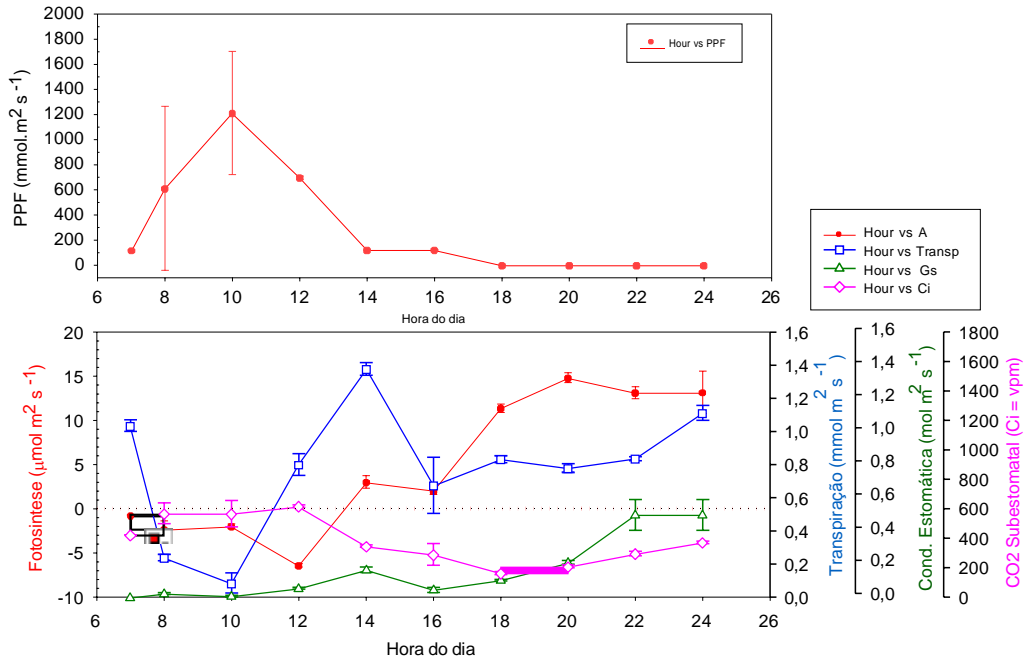
### 3.2 Fotossíntese, transpiração, condutância estomática, CO<sub>2</sub> subestomatal

A taxa de fotossíntese na testemunha (T0) manteve-se abaixo do ponto de compensação luminosa (PCL) das 6AM até por volta das 2PM; a partir desse horário há aumento gradual da taxa fotossintética acima do PCL. até atingir o valor máximo da taxa por volta das 8PM; a partir desse horário, os valores mantêm-se praticamente estáveis até às 12AM (Figura 4).

Nos tratamentos N3, P3 e K3 o comportamento para a taxa de fotossíntese foram semelhantes (Figuras 4, 5 e 6).

O Sol no seu movimento natural diário promove o fluxo de radiação (PPF mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), que se inicia com baixa intensidade a partir das 6AM (1ª avaliação) e vai aumentando gradualmente até atingir valor máximo por volta das 12PM; em seguida vai diminuindo gradualmente até atingir o valor mínimo por volta das 6PM (Figuras 4, 5, 6 e 7). Como o processo fotossintético responde a intensidade luminosa disponível, ou seja, PPF, nota-se que os valores para cada planta amostrada são minimamente diferentes; isto, devido às condições instáveis de

luminosidade diária devido ao movimento das nuvens.



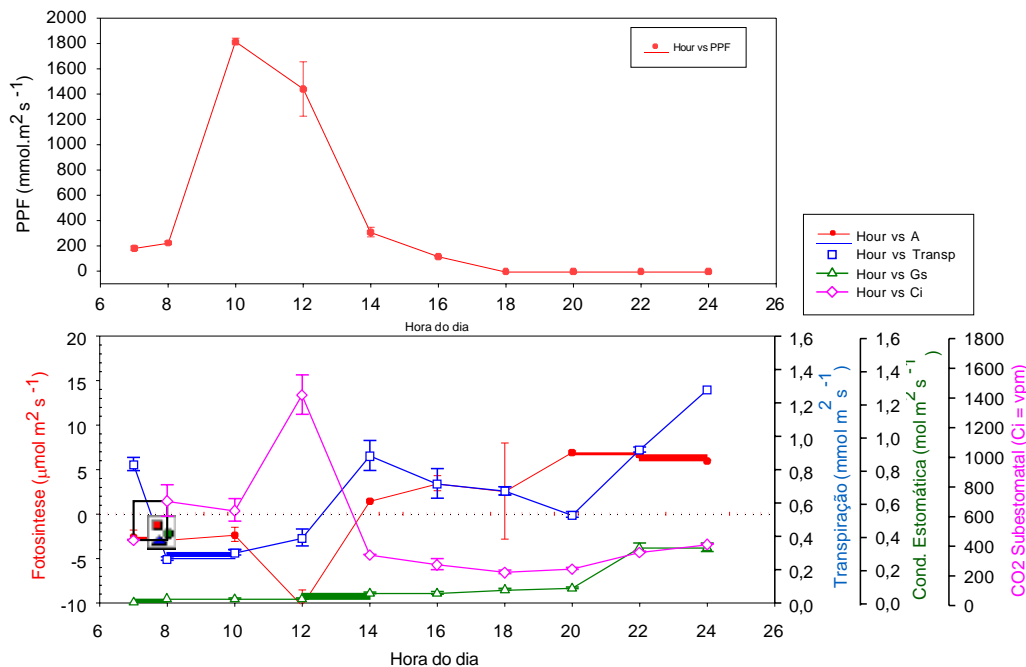
**Figura 4** Resultados das avaliações da intensidade de radiação (PPF), fotossíntese, transpiração, condutância estomática e CO<sub>2</sub> subestomatal no tratamento testemunha em plantas de sisal no quinto mês após o plantio, no município de Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas, latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

A fotossíntese, bem como os valores da transpiração e da condutância estomática, nos horários de maior incidência de radiação não estão efetuando as trocas gasosas, fato observado em todos os tratamentos avaliados; isto porque esta espécie tem absorção de CO<sub>2</sub> durante a noite e a fotossíntese propriamente dita ocorre durante o dia (FLOSS, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013; VIEIRA et al., 2010).

Em todos os tratamentos as taxas de fotossíntese e transpiração aumentaram acima do ponto de compensação luminosa, ainda quando havia disponibilidade de radiação, logo no início da tarde. Este fato indica que a planta está incorporando CO<sub>2</sub> e liberando água; é possível que, embora o teor relativo de água não seja significativo, o teor de umidade presente no solo pode ter influenciado na maior disponibilidade de água para transpiração. Estudos sugerem que o *Agave sisalana* em condições de estímulo por falta de água, presença de salinidade, variações de fotoperíodo ou termoperíodo, ativam o metabolismo CAM (CARNEIRO, 2017; PIMENTEL, 1998).

Em relação a taxa de transpiração (mmol m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>), o T0 apresentou valores acima do PCL, decrescendo das 6AM até às 10AM, onde permaneceu abaixo do PCL

até por volta das 12PM; a partir deste horário a taxa aumentou e manteve-se acima do PCL até às 12AM (Figura 4). O tratamento N3 também apresentou valores da taxa de transpiração acima do PCL, decrescendo das 6AM até às 8AM, onde permaneceu abaixo do PCL até por volta das 12PM; a partir deste horário também aumentou a taxa e manteve-se acima do PCL até às 12AM (Figura 5). O tratamento P3 também apresentou valores acima do PCL, decrescendo das 6AM até às 8AM, onde permaneceu abaixo do PCL até por volta das 12PM; a partir deste horário a taxa aumentou e caiu para valores abaixo do PCL na leitura das 4PM; a partir da leitura das 18PM, a taxa aumenta, mantendo-se acima do PCL até às 12AM (Figura 5).



**Figura 5** Resultados das avaliações da intensidade de radiação (PPF), fotossíntese, transpiração, condutância estomática e CO<sub>2</sub> subestomatal no tratamento N3 em plantas de sisal no quinto mês após o plantio, no município de Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas, latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

O tratamento K3 também apresentou valores acima do PCL, decrescendo das 6AM até às 10AM; a partir desse horário houve aumento da taxa de transpiração até a leitura das 12PM, mantendo os valores acima do PCL até por volta das 12AM (Figura 6).

Todos os tratamentos entre às 12PM e às 4PM tiveram aumento relevante na taxa respiratória das plantas, estando inclusive acima do ponto de compensação luminosa, indicando que estava ocorrendo assimilação de CO<sub>2</sub> e liberação de água.

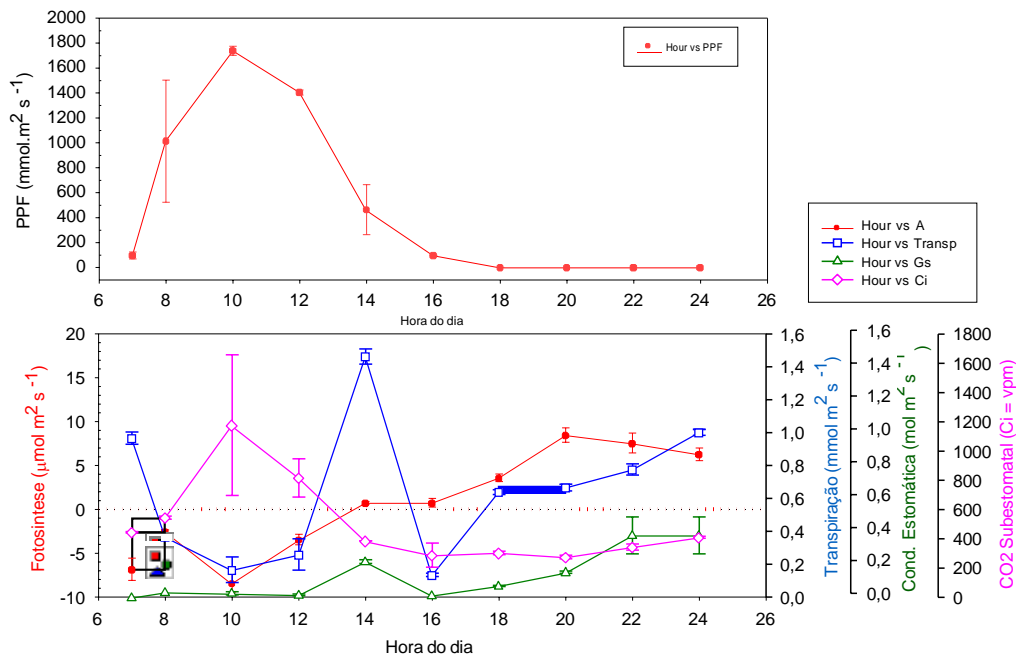
No mesmo intervalo, há leve aumento da condutância estomática e da taxa de fotossíntese. Também, é o intervalo de redução dos valores de  $\text{CO}_2$  subestomatal. Se for considerada a lógica do *Agave sisalana* como CAM facultativo, é possível que neste intervalo todas as plantas avaliadas estivessem atuando como  $\text{C}_3$  (CARNEIRO, 2017).

Considerando o fator produtividade, na lógica das plantas CAM facultativas, quando cultivadas em ambientes que não apresentam fatores estressantes para a planta, o metabolismo pode atuar como  $\text{C}_3$ , e nessa condição poderá se obter altas taxas de produtividades, porém, quando o estímulo ambiental ocasiona algum tipo de estresse, a planta muda para o metabolismo CAM, forma que irá repercutir em uma acumulação de matéria seca reduzida (PIMENTEL, 1998).

Sobre a condutância estomática ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), no T0 a taxa manteve-se abaixo do PCL das 6AM até às 12AM (Figura 4). O mesmo comportamento se repetiu nos tratamentos N3 e P3 (Figura 5 e 6). O tratamento K3 manteve-se abaixo do PCL das 6AM até às 10AM, porém, a partir desse horário até às 12AM os valores da taxa ficaram acima do PCL (Figura 7).

Percebe-se que tanto os valores da taxa de fotossíntese quanto da transpiração mantinham comportamento similar com aumento ou diminuição da condutividade estomática. Estudos apontam que as plantas normalmente apresentam um decréscimo paralelo entre a fotossíntese e a condutância estomática à medida que a deficiência hídrica se torna mais severa; logo, a taxa de transpiração também decresce como resultado do fechamento dos estômatos, sendo um importante mecanismo de defesa que as plantas possuem contra perdas exageradas de água (BISPO, 2011)

Em relação ao  $\text{CO}_2$  subestomatal ( $C_i = \text{vpm}$ ), em T0 os valores mantêm-se abaixo do PCL durante todo o período de avaliação (Figura 4). No tratamento N3 os valores inicialmente ficam abaixo do PCL, mas, a partir das 8AM os valores aumentam e ficam acima do PCL até às 2PM; a partir desse horário os valores ficam abaixo do PCL até às 12AM (Figura 5). No tratamento P3, inicialmente os valores estavam abaixo do PCL, mas, a partir das 8AM até por volta das 2PM os valores ficam acima do PCL; a partir desse horário até às 12AM os valores de  $\text{CO}_2$  ficam abaixo do PCL (Figura 6).

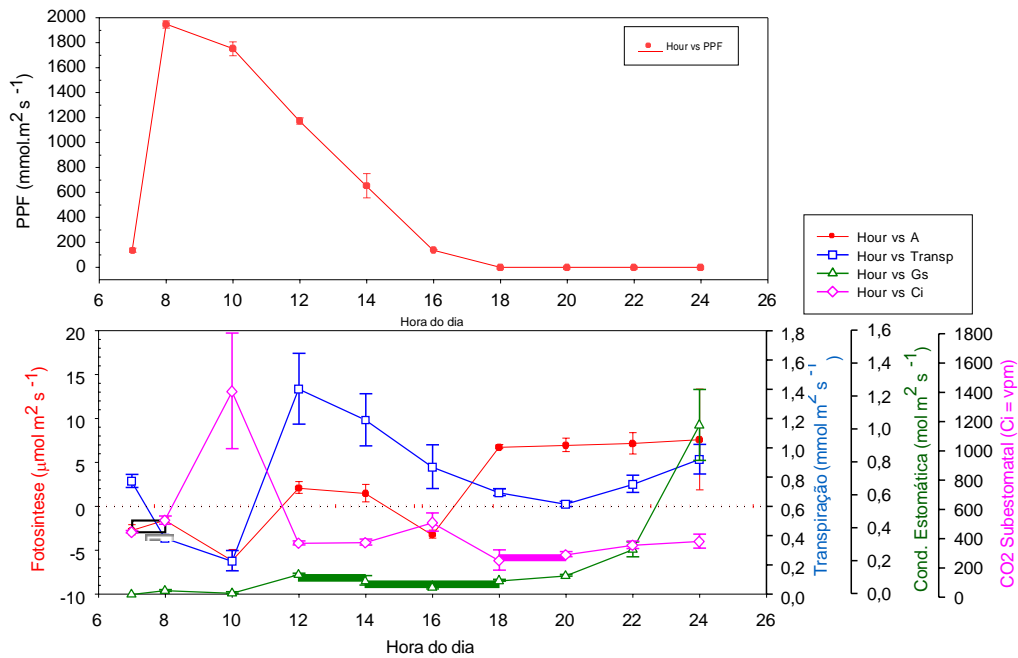


**Figura 6** Resultados das avaliações da intensidade de radiação (PPF), fotossíntese, transpiração, condutância estomática e CO<sub>2</sub> subestomatal no tratamento P3 em plantas de sisal no quinto mês após o plantio, no município de Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas, latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

O tratamento K3 inicialmente apresentou valores abaixo do PCL até por volta das 8AM; a partir desse horário até às 12PM os valores ficam acima do PCL; após esse horário mantém-se abaixo do PCL até às 12AM (Figura 7).

Verifica-se que o T0 apresentou os valores de CO<sub>2</sub> subestomatal abaixo do PCL, mas, todos os outros tratamentos no intervalo de 6PM à 12PM apresentaram picos de acúmulo de CO<sub>2</sub> que em seguida reduziram-se a taxas menores. Os tratamentos N3 e K3 foram os que apresentaram a maior taxa de acumulação nos picos identificados. Esses dois tratamentos são constituídos das maiores doses de N e K. É possível que este acúmulo tenha influência dessas respectivas doses, isto porque também para as variáveis número de folhas e área foliar estas doses propiciaram maior rendimento. A influência do CO<sub>2</sub> sobre a fotossíntese tem implicações importantes sobre o crescimento e a produtividade da planta (NOBEL, 1991; TAIZ; ZEIGER, 2004; VIEIRA et al., 2010).





**Figura 7** Resultados das avaliações da intensidade de radiação (PPF), fotossíntese, transpiração, condutância estomática e CO<sub>2</sub> subestomatal no tratamento testemunha K3 em plantas de sisal no quinto mês após o plantio, no município de Conceição do Coité-BA. Coordenadas geográficas, latitude: 11°26'00" S longitude: 39°11'16" W e altitude de 439m.

Pode se concluir que as plantas necessitam de N em quantidade superior a qualquer outro nutriente mineral, com exceção do K para algumas culturas. Além disso, as plantas absorvem ou adquirem o N de diferentes formas: N<sub>2</sub> (através da associação com bactérias fixadoras de nitrogênio), ureia, aminoácidos, amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e, em condições naturais e aeróbicas, nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (FAQUIN, 2002; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2004). Porém, plantas como o sisal que apresentam metabolismo CAM, possuem um mecanismo de concentração de CO<sub>2</sub> foliar e os sítios de carboxilação estão sempre saturados, fato fisiológico que faz com que essa planta necessite de uma menor concentração de rubisco, quando comparada às plantas que não possuem esse mecanismo, o que a torna mais eficiente no uso do nitrogênio para o seu crescimento (VIEIRA et al., 2010).

O K é o cátion mais abundante no citoplasma, sendo absorvido da solução do solo em grandes quantidades pelas raízes, na forma do íon K<sup>+</sup>. A absorção desse nutriente é altamente seletiva e está intimamente acoplada a atividade metabólica (SANTOS et al., 2016). Este elemento também participa de diversos processos na planta, tais como: abertura e fechamento de estômatos, balanço de cátions e ânions, relações hídricas na planta, transposição de carboidratos, síntese

de proteínas, respiração, alongamento celular, estabilização do pH no citoplasma neutralizando ânions orgânicos e inorgânicos, ativação enzimática de um grande número de enzimas, transporte de açúcares no floema (PORTO et al., 2013).

Neste sentido, podemos dizer que a deficiência de K retarda o crescimento, e a taxa ideal de K aumenta a utilização de água no corpo vegetal, aumentando sua resistência a secas, geadas, pragas e moléstias (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; TAIZ; ZEIGER, 2004).

#### **4 CONCLUSÕES**

Os tratamentos N3 (40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio), P3 (70 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo) e K3 (35 kg ha<sup>-1</sup> de potássio) contribuíram para o aumento de folhas e área foliar de plantas de *Agave sisalana* avaliadas cinco meses após o plantio.

Os dados de teor relativo de água demonstraram que durante o período avaliado as plantas não apresentaram déficit hídrico.

As maiores concentrações de nitrogênio (28 g kg<sup>-1</sup>) e P (2,1 g kg<sup>-1</sup>) na folha de sisal foram encontradas nas plantas que receberam o tratamento P3 (70 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo). A maior concentração de K (29 g kg<sup>-1</sup>) foi encontrada nas plantas que receberam o tratamento K3 (35 kg ha<sup>-1</sup> de potássio).

A adubação teve efeito no número de folhas e área foliar das plantas de sisal, mas não afetou a absorção de CO<sub>2</sub> pelas plantas. Entretanto, o tratamento K3 (35 kg ha<sup>-1</sup> de potássio) promoveu maior condutância estomática, provavelmente devido ao efeito osmótico do K nos estômatos.

## 5 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABRAHAM, P. et al. Transcript, protein and metabolite temporal dynamics in the CAM plant Agave. **Nature Plants**, v. 2, p. 178, 2016.

BISPO, S. M. **Variação na composição isotópica do carbono e nitrogênio da matéria orgânica e biomassa da coroa foliar de Aechmea aquilega (SALISB.) Griseb Bromeliaceae em Caatinga, Agreste e Mata Atlântica de Sergipe.** [s.l.] Universidade Federal de Sergipe, 2011.

BONGERS, F. et al. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, v. 530, p. 211–214, 2016.

CARNEIRO, J. L. D. S. **Caracterização de acessos de sisal usando descritores da planta e da fibra.** [s.l.] Universidade Estadual de Feira de Santana, 2017.

CFSEMG. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** 5ª ed. Viçosa: CFSEMG, 1999. v. 5

DIFFENBAUGH, N. S. et al. Quantifying the influence of global warming on unprecedented extreme climate events. **Atmospheric, and Planetary Sciences**, v. 114, n. 19, p. 4881–4886, 2017.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 3ª edição ed. Distrito Federal: EMBRAPA, 2017.

FAO. **Crops and livestock products.** Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas.** 1ª ed. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002.

FERREIRA, L. G. R. **Fisiologia vegetal: Relações hídricas.** UFC ed. Fortaleza: UFC, 1992.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas.** Passo Fundo: Editora da UPF, 2004.

GRUBB, P. J. et al. Relationships between specific leaf area and leaf composition in succulent and non-succulent species of contrasting semi-desert communities in south-eastern Spain. **Journal of Arid Environments**, v. 118, p. 69–83, 2015.

HOPKINS, W. G. **Introduction to Plant Physiology.** 2ª ed. New York: John Wiley & Sons, 2000.

IBGE. **Produção agrícola municipal.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>>. Acesso em: 17 dez. 2021.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. . **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa de Potassa e de Fosfato, 1997.

MAPA. **Gargalos das culturas do sisal, malva, piaçava, côco, seda e bambu: breve panorama para orientar uma proposta de governança**. Disponível em: <[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fibras-naturais/2019/21a-ro/diagnostico-setor-fibras\\_20-marco-2019\\_final-convertido.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fibras-naturais/2019/21a-ro/diagnostico-setor-fibras_20-marco-2019_final-convertido.pdf)>. Acesso em: 27 fev. 2022.

NIECHAYEV, N. A.; PEREIRA, P. N.; CUSHMAN, J. C. Understanding trait diversity associated with crassulacean acid metabolism (CAM). **Current Opinion in Plant Biology**, v. 49, p. 74–85, 2019.

NOBEL, P. S. A Nutrient Index Quantifying Productivity of Agaves and Cacti. **The Journal of Applied Ecology**, v. 26, p. 635–645, 1989.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. New York: Academic Press., 1991.

PEREIRA, P. N.; CUSHMAN, J. C. Exploring the relationship between crassulacean acid metabolism (CAM) and mineral nutrition with a special focus on nitrogen. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 18, 2019.

PEREIRA, R. **Resiliência e fluxos de nutrientes em agroecossistemas cultivados com caju na região Semiárida do Brasil**. [s.l.] Universidade Federal do Ceará, 2017.

PEREZ, S. A. C. et al. Transcriptional profiling of the CAM plant *Agave salmiana* reveals conservation of a genetic program for regeneration. **Developmental Biology**, v. 442, n. 1, p. 28–39, 2018.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de Carbono na Agricultura Tropical**. Rio de Janeiro: EDUR - Editora Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998.

PORTO, R. A. et al. Adubação potássica em plantas de rúcula: produção e eficiência no uso da água. **Revista Agro@ambiente**, v. 7, n. 1, p. 28–35, 2013.

RAMBO, M. K. D. et al. Characterization of biomasses from the north and northeast regions of Brazil for processes in biorefineries. **Food Science and Technology**, v. 35, n. 4, p. 605–611, 15 set. 2015.

RAVEN, P. .; EVERT, R. . **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

RAVEN, P. H.; EVERT, F. R.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6ª ed. Ro de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

SALGADO, A. L. DE B. A. A.; FEITOSA, C. T.; HIROGE, R. Efeito da omissão de macronutrientes em sisal. **Bragantia**, v. 41, n. 13, p. 125–134, 1981.

SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª edição ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2018.

SANTOS, M. P. et al. Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras. **PUBVET: Publicações em medicina veterinária e zootecnia**, v. 10, n. 1, p. 1–12, 2016.

SEAGRI. **Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia**. Comissão e ed. Salvador: SEAGRI, 1989.

SILVA, F. F. **Crescimento e nutrição de mudas de sisal cultivadas em campo com plantas de cobertura**. [s.l.] Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB, 2015.

SILVA, T. J. F. C. et al. **Árvore do conhecimento: Território Sisal**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_sisal/arvore/CONT000fckg3dhc02wx5eo0a2ndxyf4ytald.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckg3dhc02wx5eo0a2ndxyf4ytald.html)>. Acesso em: 5 out. 2018.

SINCLAIR, T. R.; HORIE, T. Leaf Nitrogen, Photosynthesis, and Crop Radiation Use Efficiency: A Review. **Crop Science**, v. 29, p. 90–98, 1989.

SOARES, A. C. F. et al. Sisal: podridão vermelha e o biocontrole. In: SOARES, A. C. F.; BARRETO, N. S. E.; MARBACH, P. A. S. (Eds.). **Tópicos em microbiologia agrícola**. 1ª ed. Cruz das Almas: Editora UFRB, 2020. p. 157–186.

SOFIATTI, V. et al. Um Método Simples Para Determinar a Área Foliar Do Sisal Híbrido 11648. **Revista Brasileira de Oleosas e Fibrosas**, v. 13, n. 1, p. 1–7, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TURNER, N. C. **Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status**. Canberra: Plant and Soil, 1981.

TURRENT, F. A. Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción. **Chapingo: Rama de Suelos**, v. 6, 1979.

VIEIRA, E. L. et al. **Manual de Fisiologia Vegetal**. 1ª ed. São Luiz: EDUFMA, 2010.

## 6. CONSIDERAÇÃO FINAIS

Este estudo apresenta informações relevantes acerca das práticas de manejo adotadas pelos produtores e a relação dos impactos dessas práticas com a sustentabilidade do cultivo de sisal na região estudada, que sem dúvida contribuirão para a melhoria das práticas de manejo do *Agave sisalana*. Também será possível, a partir das doses recomendadas de NPK, os produtores ajustarem de forma prática a fertilidade solo nas lavouras de sisal, o que resultará no aumento de produtividade de sisal. Do ponto de vista acadêmico, esses estudos servirão como referência para outros possíveis trabalhos com o manejo da adubação na cultura do sisal. Um aspecto importante para futuros estudos e que não foi foco deste trabalho é acrescentar a este modelo a relação do teor de matéria orgânica com as doses de N, P, K e esterco; é possível que a relação do fósforo com os teores de argila no solo influencie na maior ou menor disponibilidade para a planta.

Por fim, agradecimentos a todos os agricultores, instituições e pesquisadores que muito contribuíram na realização deste trabalho.

## ANEXOS



### Diagnóstico das práticas de manejo aplicadas durante o ciclo da cultura do sisal por agricultores da Região Sisaleira

#### 1ª Parte – informações sobre o entrevistado

1-Nome do entrevistado: \_\_\_\_\_

2-Localidade de moradia: \_\_\_\_\_

3-Município: \_\_\_\_\_

4-Contato: \_\_\_\_\_

5-Idade: \_\_\_\_\_

6-Grau de escolaridade: \_\_\_\_\_

7- A quanto tempo trabalha com sisal? \_\_\_\_\_

8-A família trabalho junto? Sim ( ) Não ( )

9-Contrata alguém para ajudar? Sim ( ) Não ( )

10-Tem DAP? Sim ( ) Não ( )

10- Observações do entrevistador: \_\_\_\_\_

#### 2ª Parte – informações sobre a propriedade

1-Localidade da propriedade: \_\_\_\_\_

2-Coordenadas geográficas da propriedade: \_\_\_\_\_

3-Município: \_\_\_\_\_

4-Tamanho da propriedade: \_\_\_\_\_

5-Tamanho da área utilizada para agricultura: \_\_\_\_\_

6-Tamanho da área sem uso para agricultura: \_\_\_\_\_

7-Principais lavouras: \_\_\_\_\_

8-Quais culturas novas gostaria de plantar? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9-Tamanho da área utilizada para pecuária:\_\_\_\_\_

10-É inserida no plantio do sisal? Sim ( ) Não ( )

11-O animal come dentro do sisal? Sim ( ) Não ( )

12-Como alimenta os animais?\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

13-Tipos de criação?\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

14- Tipo de solo: Arenoso ( ) Argiloso ( ) outro \_\_\_\_\_

15- Alguma área com fertilidade de solo diferente? Sim ( ) Não ( ), se sim é boa ( ) ou ruim ( ).

16- É comum? Sim ( ) Não ( )

17- Fonte de água: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

18- Tem área de Reserva legal? Sim ( ) Não ( )

19- Tem área abandonada por não nascer nada? Sim ( ) Não ( )

Observações do entrevistador:\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **3ª Parte-Informações sobre a lavoura de sisal**

1-Lavoura plantada ou extrativista? Sim ( ) Não ( ) Extrativista ( )

2-Quantos anos tem a lavoura? \_\_\_\_\_

3-Qual período de plantio? \_\_\_\_\_

4-Desbaste, tira rebento? ( ) Rebento ( ) perfilho ( ) bulbilho

5-Quando faz o corte quantas folhas deixa na planta?\_\_\_\_\_

6-Qual período de chuva? \_\_\_\_\_

7-Como obtém as mudas?\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8-Como prepara a área de plantio? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



- 9- Usa adubo? Sim ( ) Não ( ) Quais: \_\_\_\_\_
- 10- Quantas vezes usa? \_\_\_\_\_
- 11- Faz análise de solo? Sim ( ) Não ( )
- 12- Já aplicou calcário na área? Sim ( ) Não ( )
- 13- Porque aplicou? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 14- O sisal resiste a seca? Sim ( ) Não ( ) Porque? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 15- A produção é boa? Sim ( ) Não ( ) Porque? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 16- Tem assistência técnica? ( ) Sim ( ) Não Qual entidade? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 17- Faz adubação de cobertura? ( ) Sim ( ) Não Quais: \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 18- Existem plantas doentes? ( ) Sim ( ) Não Quais principais sintomas: \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 19- Faz pulverizações? ( ) Sim ( ) Não Para que? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 20- Com quanto tempo faz o primeiro corte? \_\_\_\_\_
- 21- Quanto tempo leva colhendo em uma mesma planta? \_\_\_\_\_
- 22- Quanto colhe por área plantada? \_\_\_\_\_
- 23- Quem compra a produção? \_\_\_\_\_
- 24- O que é feito do sisal colhido? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 25- Quais características da fibra de boa qualidade? \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

---

26-Quais características da fibra de má qualidade? \_\_\_\_\_

---

27- Na sua propriedade quantos anos sobrevive uma planta de sisal? \_\_\_\_\_

---

28- Quanto é investido por ano na lavoura? \_\_\_\_\_

---

29-Tem acesso a crédito? ( ) Sim ( ) Não

Observações do entrevistador: \_\_\_\_\_

---

#### **4ª Parte-Informações sobre o manejo e conservação do solo**

1-Existem valetas ocasionadas por água na lavoura? ( ) Sim ( ) Não

2-Existe cobertura do solo nas áreas plantadas? ( ) Sim ( ) Não

3-Quando chove, há deslocamento de lâmina de terra na área plantada? ( ) Sim ( ) Não

4-Faz rotação de cultura? ( ) Sim ( ) Não

5- Tem cuidado com a conservação e preservação da caatinga? ( ) Sim ( ) Não

6- Cultiva em áreas com declive? ( ) Sim ( ) Não

7-Clima é um limitante para o desenvolvimento do cultivo de sisal? ( ) Sim ( ) Não

8- O solo é raso ou profundo? Raso ( ) Profundo ( )

9- O solo é pedregoso? ( ) Sim ( ) Não

10- Usa aração e gradagem para preparar o solo? ( ) Sim ( ) Não

11- Faz queimadas? ( ) Sim ( ) Não

12- Faz desmatamento? ( ) Sim ( ) Não

13- Faz controle fitossanitário? ( ) Sim ( ) Não

14- Faz plantio de cobertura do solo? ( ) Sim ( ) Não

15- Faz capina na área de cultivo? ( ) Sim ( ) Não como? \_\_\_\_\_

---

16- Faz alternância de Capinas? ( ) Sim ( ) Não

17-Faz uso de cobertura morta? ( ) Sim ( ) Não

18-Faz uso de quebra ventos? ( ) Sim ( ) Não

19-Faz adubação orgânica? ( ) Sim ( ) Não

20-Faz adubação química? ( ) Sim ( ) Não

21-Faz adubação verde? ( ) Sim ( ) Não

22-Faz calagem? ( ) Sim ( ) Não

23- Usa curva de nível? ( ) Sim ( ) Não

24- Existem canais de drenagem da água da chuva? ( ) Sim ( ) Não

25-O solo da lavoura é exposto? ( ) Sim ( ) Não

Observações do entrevistador: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do entrevistador

\_\_\_\_\_  
Assinatura do entrevistado