



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

EFETIVIDADE DO BIOPROTETOR NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

MARLLON DOS SANTOS MARTINS

RECIFE, JANEIRO/2019



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

EFETIVIDADE DO BIOPROTETOR NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

MARLLON DOS SANTOS MARTINS

Relatório técnico de atividades realizadas durante o Estágio Supervisionado Obrigatório apresentado ao Departamento de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (Sede), como parte integrante dos requisitos exigidos para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.
Orientador: Profº Drº Mateus Rosas Ribeiro Filho
Supervisor: Profº Drº Newton Pereira Stamford

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

M379e Martins, Marllon dos Santos.
Efetividade do bioprotetor na produção da cana-de-açúcar /
Marllon dos Santos Martins. – Recife, 2019.
23 f.: il.

Orientador(a): Mateus Rosas Ribeiro Filho.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife,
BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Bactérias diazotróficas 2. Bioprotetor 3. Quitosana fúngica
I. Ribeiro Filho, Mateus Rosas, orient. II. Título

CDD 630

Discente: Marllon dos Santos Martins

Matrícula: 099.001.224-70

Curso: Agronomia

Orientador: Prof.º Dr.º Mateus Rosas Ribeiro Filho

Supervisor: Prof.º Dr.º Newton Pereira Stamford

Local: Laboratório de Biotecnologia Ambiental , Departamento de Agronomia,
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos,
Recife- PE, 52171-900.

Período: 01/11/2018 a 17/01/2019.

Carga horária: 210 horas

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

AVALIAÇÃO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO - ESO

Nota _____

Marllon dos Santos Martins

Discente do curso de Agronomia - UFRPE

Prof.º Dr.º Mateus Rosas Ribeiro Filho - UFRPE

Orientador - UFRPE

Prof.º Dr.º Newton Pereira Stamford - UFRPE

Supervisor - UFRPE

*Dedico aos meus pais, **José
Fernandes Martins da Silva
e Josefa Cristina dos
Santos**, por todo apoio,
amor e confiança que estes
em mim depositam.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a graça de viver, me conduzir a uma grande vitória e ser meu refúgio, sobretudo, nos momentos mais difíceis da vida.

Aos meus Pais, José Fernandes Martins da Silva e Josefa Cristina dos Santos, por todo amor e carinho.

A toda minha família e amigos por todo carinho, amor e afeto.

Ao UFRPE, pela oportunidade de realização desse curso.

A FACEPE, pelo apoio financeiro para o financiamento das bolsas de iniciação científica.

Aos meus amigos e amigas do Laboratório de Biotecnologia Ambiental: Wagner, Joais, Emmanuella, Jamilly, Lusiene, Marta, Iderlane, pelo convívio e todo apoio.

Orientador, Prof.º Dr.º Mateus Rosas Ribeiro Filho, ensinamentos, comprometimento, profissionalismo.

Ao Supervisor, Prof.º Dr.º Newton Pereira Stamford, instrução e transmissão dos conhecimentos ao longo dessa jornada.

MINHA ETERNA GRATIDÃO

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi testar a eficiência de bioportetor no crescimento, na produção e na qualidade da produção da cana-de-açúcar. Bioprotetor (PNPK) que representa o BNPK com adição de quitosana fúngica, como fonte de nutrientes e também observar sua interação com bactérias diazotróficas associativas na cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido, em condições de campo, na Usina São José, no município de Igarassu, no estado de Pernambuco, Brasil. O experimento foi conduzido no esquema fatorial (8x2), no delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. O resultados do experimento mostrou que o bioprotetor produzido no laboratório pode ser utilizado em substituição aos fertilizantes minerais convencionais, e também pode ser produzido por pequenos agricultores; os resultados do experimento em campo demonstraram o potencial e confirmaram que, de um modo geral, o bioprotetor PNPk (150% da dose recomendada) apresentou os melhores resultados da parte aérea, assim como os melhores resultados de atributos químicos do solo, reforçando o uso de novas fontes de nutrientes, que não agredam o solo e seja uma alternativa aos fertilizantes minerais solúveis.

Palavras-chave: bactérias diazotróficas, bioprotetor, quitosana fúngica.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO GERAL	11
2.1 Objetivos específicos	11
3. METODOLOGIA	12
3.1. Produção de Biofertilizante misto (BNPK) e Bioprotetor (PNPK)	12
3.2. Experimentos com o Bioprotetor em campo	12
3.3. Análise estatística	13
4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	13
4.1. Plantio	13
4.2. Adubação	15
4.3. Avaliação Biométrica da cana de açúcar	16
4.4. Coleta de solo.....	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1. Experimento em campo	18
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
7. REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

Como breve histórico, podemos dizer que, no Brasil, o plantio da cana de açúcar, foi iniciado na Capitania de São Vicente, no ano de 1522. As primeiras mudas foram trazidas da Ilha da Madeira, por Martim Afonso de Souza. Foi em Pernambuco que a cultura floresceu com intensidade, encontrando condições ideais para seu desenvolvimento nas terras úmidas no solo de massapê. No início do século XIX, a cana crioula foi substituída pela cana caiana, quando os portugueses trouxeram essa variedade da Guiana Francesa e a introduziram na região de Pernambuco. Só depois foram sendo introduzidas variedades híbridas, oriundas das Antilhas, da Índia e da Indonésia (Andrade, 1989). A cana de açúcar é cultivada na zona da mata de Pernambuco, na chamada zona canavieira, há quase 5 séculos. A área cultivada tem cerca de 12 mil km², situada próximo ao Oceano Atlântico, que possui solos adequados para a agricultura canavieira.

A primeira usina implantada em Pernambuco foi a de São Francisco da Várzea, cuja primeira moagem aconteceu em 1875. Pernambuco já chegou a ter mais de cem engenhos. Atualmente, no entanto, existem cerca de 38 usinas, sendo que algumas se encontram paralisadas ou desativadas. A zona canavieira pernambucana já teve uma boa malha ferroviária, composta pelas ferrovias da antiga Great Western e pelos ramais construídos pelas usinas para o transporte da cana. No entanto, a partir da metade da década de 1960, as ferrovias ficaram abandonadas sendo substituídas pelas rodovias.

Atualmente o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo responsável por mais da metade do açúcar comercializado no mundo e líder mundial na produção de etanol. O aumento das exportações e a expansão do setor automobilístico bicomustível na frota brasileira tem incentivado a realização de pesquisas que visam aumentar a produtividade sustentável da cultura.

A cana de açúcar é altamente dependente da aplicação de fertilizantes para obtenção de rendimentos adequados. Em virtude do alto custo dos fertilizantes solúveis (convencionais) e que se apresentam como fonte potencial de contaminação ambiental, a realização de projetos visando à utilização de fontes alternativas tem sido intensificada pelos pesquisadores no Brasil e no mundo.

A importância que a sustentabilidade vem tomando no desenvolvimento coloca as linhas de produção da agricultura, que propõe alternativas de manejo ao modelo convencional, em posição de destaque na busca de uma tecnologia que seja menos agressiva ao ambiente e ao homem.

As agriculturas agroecológica, orgânica, natural, biológica, biodinâmica, entre outras, podem ser consideradas alternativas ao modelo hegemônico de produção denominado convencional, e são partes intrínsecas de uma nova agricultura que busca a sustentabilidade. Em busca de um desenvolvimento agrícola sustentável, cada vez mais o agricultor familiar distancia-se dos insumos sintéticos e passa a fazer uso de insumos orgânicos, que tem demandado da pesquisa informações e indicadores de fertilidade,

controle de pragas e doenças cada vez mais precisas. Existem materiais com potencial para uso como os biofertilizantes, que figuram entre os principais insumos utilizados em sistemas agroecológicos, porém, a falta de testes e informações na busca de uma padronização limita a sua exploração.

O uso de biofertilizantes produzidos a partir de fosfatos naturais e rochas potássicas têm mostrado resultados satisfatórios, entretanto, estes materiais não disponibilizam nitrogênio para as plantas. O fornecimento de N às plantas via processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) é a forma mais sustentável e econômica, e, atualmente, estão sendo utilizadas bactérias diazotróficas para produção de biofertilizante misto (BNPK) com enriquecimento em N observado em ensaios prévios.

O Bioprotetor (PNPK) deverá fornecer nutrientes para a planta e também oferecer ação protetora contra doenças, principalmente as causadas por fungos radiculares, tendo em vista será adicionado o fungo *Cunninghamella elegans*, produtor de quitosana, biopolímero que tem comprovada ação antibiótica e antisséptica (BERGER et al. 2013). O húmus de minhoca (matéria orgânica – MO) a ser utilizado na produção do bioprotetor será enriquecido em N pela inoculação com bactéria diazotrófica em vida livre selecionada em ensaios anteriores, e que apresentou eficiência superior a 100% na fixação do nitrogênio. O Bioprotetor será produzido a partir de biofertilizante de rochas fosfatada (BP) e potássica (BK), com eficiência comprovada em várias culturas, em mistura com matéria orgânica (húmus de minhoca), com a adição de fungo da Ordem Mucorales (*Cunninghamella elegans*), que possui quitina e quitosana na parede celular.

A quitosana é um biopolímero que tem apresentado alto potencial na agricultura e, atualmente, a quitosana fúngica, presente na parede celular de fungos da Ordem Mucorales, são bastante utilizadas no mecanismo de defesa das plantas no controle a microrganismos patogênicos, além de apresentar efeito positivo sobre a FBN.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho é de desenvolver tecnologias alternativas para a produção de insumo utilizando rochas fosfatadas e potássicas, materiais orgânicos inoculados com bactérias fixadoras do N atmosférico e de bioprotetor com quitosana de fungos, na atuação contra nematoides na cana de açúcar.

2.1 Objetivos específicos

Produção de Bioprotetor com adição de fungo produtor do biopolímero quitosana que tem ação protetora contra doenças de plantas;

Comprovação da atuação do Bioprotetor na nutrição da cana de açúcar, comparando com fertilizantes minerais;

3. METODOLOGIA

3.1. Produção de Biofertilizante misto (BNPK) e Bioprotetor (PNPK)

Para a produção do bioprotetor é necessário, inicialmente, a produção de biofertilizante de rochas que deverá ser em mistura com materiais orgânicos (BNPK). Foram obtidos isolados de bactérias de vida livre, de diferentes solos da Zona da Mata e da região semiárida, que foram selecionados em ensaios de Laboratório usando placas de Petri avaliando-se a eficiência na fixação do N_2 , através da determinação da nitrogenase (cromatografia gasosa) pela metodologia proposta por Boddey et al. (1990). Em seguida foi feita a caracterização fenotípica e genotípica, e caracterizado a melhor diazotrófica como *Beijerinckia indica*.

Para a caracterização molecular foram observadas as etapas e fases mais utilizadas. Em seguida as amostras resultantes da PCR e os DNA obtidos foram enviados para laboratório internacional (Coreia) especializado em sequenciamento, sendo as amostras comparadas com as existentes em bancos de dados on-line, e com as amostras das bactérias diazotróficas cedidas pela Embrapa - CNPAB.

Para produção do biofertilizante e do bioprotetor os ensaios foram inicialmente realizados em bandejas, usando o biofertilizante com rocha fosfatada (BP) e rocha potássica (BK) e como material orgânico 50% de húmus de minhoca (CM) e 50% de torta de usina, sendo feita a inoculação com a bactéria diazotrófica (NFB *B. indica* (NFB 10001), que enriqueceu o material em mais de 100% do N total. A aplicação das bactérias diazotróficas de vida livre foi realizada em meio líquido (10^7 células viáveis), usando 100 mL da cultura LG, por kg de biofertilizante (BNPK). Amostras para análise foram coletadas no tempo zero (T_0) e com 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a inoculação, sendo observado o maior efeito no tempo 28 dias. Em seguida à produção do Biofertilizante (BNPK) foi feita a adição do fungo *C. elegans* para a produção do Bioprotetor (PNPK), e também foi observado melhor efeito no período de incubação de 30 dias. Também foram realizadas análises químicas idênticas às procedidas para o biofertilizante misto (BNPK). No final da produção o bioprotetor apresentou N total = 20 g kg^{-1} , P total e K total 20 e 19 g kg^{-1} , respectivamente.

3.2. Experimentos com o Bioprotetor em campo

O experimento foi instalado na Usina São José, em uma área com histórico de infestação de nematoides, previamente avaliada. O experimento foi conduzido no esquema fatorial (8×2), no delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos: (1) FNPk 100% ; (2) FNPk 100% + AZAMAX; (3) FNPk 100% + NEMIX C; (4) FNPk 100% + Potente; (5) PNPK 50% ($2,5 \text{ t ha}^{-1}$); (6) PNPK 100% (5 t ha^{-1}); (7) PNPK 150% ($7,5 \text{ t ha}^{-1}$); (8) Controle (torta de filtro), sendo o mesmo realizado com a variedade (RB 92579). As doses foram aplicadas de acordo com a recomendação para a cultura da cana de açúcar para o estado de Pernambuco (IPA, 2008).

Os tratamentos de fertilização são os seguintes:

- 1- T1→ Fertilizante NPK comercial (dose recomendada – 100% DR).
- 2- T2→ Fertilizante NPK comercial (dose recomendada - 100% DR) com Azamax.
- 3- T3→ Fertilizante NPK comercial (dose recomendada 100% DR), com Nemix C.
- 4.T4→ Fertilizante NPK comercial (dose recomendada 100% DR), com potente.
- 5- T5→ Bioprotetor no nível 2,5 t ha⁻¹ (50% da dose recomendada. - IPA, 2008).
- 6- T6 → Bioprotetor no nível 5 t ha⁻¹ (dose recomendada – 100%DR).
- 7- T7→ Bioprotetor no nível 7,5 t ha⁻¹ (150 % da dose recomendada).
- 8- T8 → Controle (torta de filtro).

A área experimental é constituída por 64 parcelas, sendo cada parcela constituída por cinco sulcos de 10,0 m de comprimento, espaçados em 1,10 m, totalizando cada parcela 55,0 m², totalizando o experimento uma área de 3.520 m². Com área útil de 26,4 m² compreendendo os três sulcos centrais de cada parcela.

A obtenção dos dados para avaliar número de plantas por metro linear; análise biométrica com medição da altura de planta e diâmetro de colmo foram realizada aos 30, 90 e 150 dias após plantio. Foram realizadas coletas aos 180 e 420 dias após plantio, para análise biométrica, utilizando 2 plantas por fileira.

Para a análise do solo foram coletadas amostras em pontos aleatórios (profundidade 0-20), de cada parcela 30, 90 e 120 dias após plantio. Em continuação foram coletadas amostras com 150 e 420 dias após plantio, para realização de análises químicas: pH, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocável, P e K disponível (Embrapa, 2009).

3.3.Análise estatística

As determinações foram realizadas em triplicata e os resultados expressos como média das análises. Em todos os experimentos os dados obtidos foram analisados pelo programa estatístico SAS versão 11.0 (SAS Institute 2011). Realizada a ANOVA, e comparação das médias pelo teste de Tukey (p< 0,05).

4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

4.1.Plantio

Para a implantação de um canavial, deve-se fazer, inicialmente, o planejamento da área. A escolha adequada da época de plantio é fundamental para o bom desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, que necessita de condições climáticas ideais para se desenvolver e acumular açúcar. A escolha da variedade utilizada para o plantio é de extrema importância, tendo em vista a formação do canavial, além de garantir a brotação das socarias com vigor. Dessa forma, o ideal é que cana-de-açúcar tenha de 7-8 meses, vigorosas e livre de patógenos para que sejam utilizadas no plantio (figura 1).

O plantio foi realizado manualmente (figura 2), sendo composto por três a cinco gemas por tolete, distribuídas ao longo dos sulcos de plantio. Foram eliminados colmos apresentando doenças, pragas, trincadas e com gemas danificadas, visando à formação de um canavial sadio, vigoroso.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 1. A variedade escolhida foi a RB92579, Sendo distribuídas para o plantio em sulco.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 2. Distribuição dos feixes de plantio no fundo do sulco pelos plantadores

4.2. Adubação

A Adubação foi Realizada de forma manual, no fundo do sulco de plantio (Figura 3). A quantidade utilizada por tratamento: (1) FNPk 100%%; (2) FNPk 100% + AZAMAX; (3) FNPk 100% + NEMIX C; (4) FNPk 100% + Potente; (5) PNPK 50% ($2,5 \text{ t ha}^{-1}$); (6) PNPK 100% (5 t ha^{-1}); (7) PNPK 150% ($7,5 \text{ t ha}^{-1}$); (8) Controle (torta de filtro), As doses foram aplicadas de acordo com a recomendação para a cultura da cana de açúcar para o estado de Pernambuco (IPA, 2008).



Fonte: arquivo pessoal.

Figura3: adubação do tratamento com o bioprotetor (PNPK).



Fonte: arquivo pessoal.

Figura4. Adubação do tramento com o fertilizante mineral convencional (FNPk)



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 5. Área plantada, 30 dias após plantio.

4.3.Avaliação Biométrica da cana de açúcar

A obtenção dos dados para avaliar número de plantas por metro linear; análise biométrica com medição da altura de planta e diâmetro de colmo foram realizada aos 30, 90 e 150 dias após plantio. Foram realizadas coletas aos 180 e 420 dias após plantio, para análise biométrica, utilizando 2 plantas por fileira.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 6. Contagem do número de perfilhos (A) e Avaliação da altura da planta (B).



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 7. Avaliação do diâmetro do colmo(A) e comprimento do colmo (B)

4.4. Coleta de solo

Para a análise do solo foram coletadas amostras em pontos aleatórios (profundidade 0-20), de cada parcela 30, 90 e 120 dias após plantio. Em continuação foram coletadas amostras com 150 e 420 dias após plantio, para realização de análises químicas: pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocável, P e K disponível (Embrapa, 2009).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Experimento em campo

Tabela 1. Número médio de perfilhos da cultivar de cana de açúcar aos 30, 90, 150 e 210 dias após o plantio.

Tratamento*	RB 92579			
	30	90	150	210
	Número de perfilhos / m linear			
Controle	0,78	15,65	10,75	6,36
FNPK	0,88	19,60	11,44	8,90
FNPK+AZ	0,81	20,36	11,24	9,21
FNPK+NE	0,88	19,69	11,40	9,36
FNPK+PO	0,82	19,34	11,63	9,63
PNPK 1	0,99	17,20	11,89	9,14
PNPK 2	0,89	18,19	12,13	8,84
PNPK 3	0,85	19,18	11,60	9,80
C.V (%)				

Tratamento*: FNPK (Fertilizante mineral na dose recomendada (DR)); FNPK+AZ (Fertilizante mineral (DR) + Azadiractina (AZAMX®)); FNPK+NE (Fertilizante mineral (DR) + *Bacillus* spp. (NEMIX®)); FNPK+PO (Fertilizante mineral (DR) + Benfuracarbe (POTTENTE®)); PNPk 1 (Bioprotetor 50% da DR (2,5 t ha⁻¹)); PNPk 2 Bioprotetor 100% da DR (5 t ha⁻¹)); PNPk 3 (Bioprotetor 150% da DR (7,5 t ha⁻¹)); Controle (Torta de filtro na DR (20 t ha⁻¹)).

O perfilhamento começa ao redor de 30 dias depois do plantio e pode durar até 120 dias. A população de perfilho máxima é alcançada ao redor de 90 - 120 dias depois do plantio. Ao longo do ciclo o valor máximo constatado de número de perfilho foi 20 perfilhos m⁻² para o tratamento FPNK e para o tratamento bioprotetor (PNPK) o valor máximo constatado foi 19,18 perfilhos m⁻² (tabela. 1). Para número de perfilhos, foi observado dois períodos distintos. O primeiro período foi caracterizado por um aumento do número de perfilhos, ocorrido até 90 DAp, quando então constatou-se o pico da variedade RB92579 escolhida para o experimento.

O segundo período de caracterização do número de perfilhos, compreendido entre 90 e 210 DAp, refere-se ao intervalo entre o perfilhamento máximo e a estabilidade do número de perfilhos, apresentando uma fase de senescência da quantidade de perfilhos. Neste período, observou-se uma rápida diminuição de 20,36 para 9,21 perfilhos m⁻² para o tratamento FPNK e para o tratamento com bioprotetor observou-se uma diminuição de 19,18 para 9,80 perfilhos m⁻², pelo menos 50% dos shoots morrem e com isso uma população estável é estabelecida.

Tabela 2. Valores médios de altura, tamanho de colmo, diâmetro de colmo e número de colmo das cultivares de cana de açúcar aos 210 dias após o plantio.

Tratamentos	RB 92579			
	Altura	Tamanho de colmo	Diâmetro de colmo	Nº de entrenós
	m	mm		
Controle	0,85	55,1	23,4	6,4
FNPK	1,30	96,8	25,8	9,3
FNPK+AZ	1,36	96,1	25,9	9,4
FNPK+NE	1,30	89,7	27,0	9,0
FNPK+PO	1,24	97,8	25,7	8,5
PNPK 1	1,33	106,0	25,8	10,4
PNPK 2	1,12	83,2	24,4	8,8
PNPK 3	1,32	104,1	25,8	8,0

Tratamento*: FNPK (Fertilizante mineral na dose recomendada (DR)); FNPK+AZ (Fertilizante mineral (DR) + Azadiractina (AZAMX[®])); FNPK+NE (Fertilizante mineral (DR) + *Bacillus* spp. (NEMIX[®])); FNPK+PO (Fertilizante mineral (DR) + Benfuracarbe (POTTENTE[®])); PNPK 1 (Bioprotetor 50% da DR (2,5 t ha⁻¹)); PNPK 2 (Bioprotetor 100% da DR (5 t ha⁻¹)); PNPK 3 (Bioprotetor 150% da DR (7,5 t ha⁻¹)); Controle (Torta de filtro na DR (20 t ha⁻¹)).

O conhecimento do padrão de tamanho e diâmetro dos colmos é de grande importância, devido à sua correlação positiva com a produtividade da cultura (CARLIN et al., 2008). Na tabela 2, é mostrada a variação da estatura dos colmos da cana-de-açúcar, em função dos graus-dia acumulados após o plantio, sobre diferentes tratamentos de fertilização.

O diâmetro de colmos pode sofrer alterações conforme as características genéticas das variedades e do manejo da cultura no campo, podendo variar conforme o espaçamento utilizado, número de perfilhos e condições climáticas (ARANTES, 2102). Os resultados obtidos para cálcio trocável estão apresentados na Tabela 1. Foram verificados que os valores obtidos pelos tratamentos com PNPK não apresentaram diferença em relação aos tratamentos com FNPK

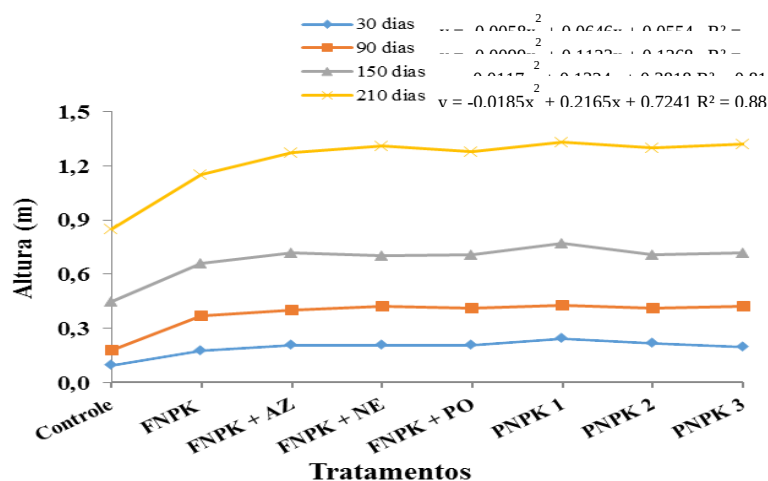


Figura 8 - Altura média da cultivar RB 92579 sob diferentes tratamentos de fertilização em cana-planta. *Tratamento: FNPk (Fertilizante mineral na dose recomendada (DR)); FNPk+AZ (Fertilizante mineral (DR) + Azadiractina (AZAMX®)); FNPk+NE (Fertilizante mineral (DR) + *Bacillus* spp. (NEMIX®)); FNPk+PO (Fertilizante mineral (DR) + Benfuracarbe (POTTENTE®)); PNPk 1 (Bioprotetor 50% da DR (2,5 t ha⁻¹)); PNPk 2 (Bioprotetor 100% da DR (5 t ha⁻¹)); PNPk 3 (Bioprotetor 150% da DR (7,5 t ha⁻¹)); Controle (Torta de filtro na DR (20 t ha⁻¹)).

Observamos três fases de desenvolvimento distintas para Altura média da cultivar RB 92579 sob diferentes tratamentos de fertilização em cana-planta (figura 8). A primeira fase (estabelecimento da cultura) ocorreu desde 30DAPs até 90 DAPs. Nessa fase, o crescimento foi lento em função da pequena área foliar por colmo em plantas novas, quando as folhas estavam pequenas e pouco expandidas. Nessa fase, o suprimento hídrico foi adequado nos dois cultivos, pois as chuvas e a irrigação foram suficientes para atender à demanda, e a temperatura média 24°C dentro da faixa ideal de 24°C a 30°C (LIU et al., 1999), para surgimento e expansão foliar da cultura, visto que o IAF é altamente dependente dessas duas variáveis.

Na segunda fase, o crescimento se mostrou rápido e linear e ocorreu entre 60 aos 210 DAPs. Essa fase foi responsável por 55% do crescimento total da cana, alcançando valores médios de 1,26 m de altura. A fase final (maturação) ocorreu após 210 DAPs. Essa fase caracterizou-se pela estabilização do IAF na cana-planta e pela redução seguida de estabilização dos IAF na cana- soca. O crescimento da cultura foi bastante lento, devido ao direcionamento dos fotoassimilados para o acúmulo de sacarose, em detrimento da redução do IAF e alongação do colmo (KEATING et al., 1999). O processo de redução da taxa de crescimento do colmo ocorreu de forma natural na cana-planta, sem aparente influência ambiental, pois não ocorreu estresse hídrico no período e a temperatura média situou-se próxima da faixa ideal. Embora no final do ciclo da cana-de-açúcar a temperatura do ar já não exerça tanta influência como em outras fases da cultura (LIU et al., 1999).

Tabela 3. Atributos do solo (pH, P e K disponível, Ca e Mg trocável) na profundidade de 0 - 20 cm, sob diferentes tratamentos de fertilização em cana de açúcar (cana-planta), aos 480 dias após plantio.

Tratamentos: FNPK: fertilizante solúvel convencional (FNPK 100% Dose Recomendada - DR); FNPK+Az: FNPK 100% (DR) + Azadiractina (AZAMX®); FNPK + NE: FNPK 100% (DR) + *Bacillus* spp. (NEMIX®); FNPK + PO: FNPK 100% (DR) +

Tratamentos	RB 92579				
	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	1:2,5H ₂ O	mg dm ⁻³	-----	cmol _c dm ⁻³	-----
FNPK	6,49 A	25,04B	0,10B	3,85 A	0,41 A
FNPK+Az	6,74 A	29,05B	0,14AB	4,37 A	0,48 A
FNPK+NE	6,35 A	30,11B	0,11B	4,10 A	0,42 A
FNPK+PO	6,28 A	44,45AB	0,11B	4,22 A	0,75 A
PNPK 50%	5,34 B	37,47B	0,09B	4,12 A	0,44 A
PNPK 100%	5,42 B	46,65AB	0,09B	3,67 A	0,34 A
PNPK 150%	5,67 B	70,47A	0,16A	4,50 A	0,72 A
Controle	6,26 A	45,89AB	0,13AB	4,18 A	0,5 A
CV (%)	39,36	37,09	31,71	13,62	39,36

Benfuracarbe (POTTENTE®); PNPk 50%: Bioprotetor 50% DR (equivalente a 2,5 t ha⁻¹); PNPk 100%: Bioprotetor 150% DR (equivalente a 5 t ha⁻¹); PNPk 150%: Bioprotetor 150% DR (equivalente a 7,5 t ha⁻¹); Controle (20 t ha⁻¹ de torta de filtro). Letras maiúsculas iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05).

pH do Solo

Os valores para o pH do solo (tabela 3), Apresentaram diferença entre os tratamentos de fertilizantes solúveis convencionais em relação aos tratamentos com o bioprotetor. Os resultados mostram que os tratamentos com bioprotetor apresentaram pH mais baixo, o que configura a produção de ácido sulfúrico (H₂SO₄) pela ação da bactéria oxidante do enxofre (*Acidithiobacillus thiooxidans*). O pH dos bioprotetores apresentaram valores que ficaram em torno de 5,34 e 5,67, que ficaram dentro da faixa considerada para o desenvolvimento da cultura.

P e K disponível no solo

Os resultados de P disponível no solo (Tabela 3) demonstraram que os tratamentos com aplicação de PNPk (100% e 150% DR) promoveram os maiores teores de P no solo. Os tratamentos com bioprotetor apresentaram diferença significativa em comparação ao fertilizante mineral convencional (FNPk +Az; FNPk+NE), mas não apresentaram diferença significativa em comparação ao fertilizante mineral (FNPk+PO).

Resultados semelhantes foram relatados por Stamford et al. (2007), quando avaliaram o efeito do biofertilizante e bioprotetor, produzido através da mistura de rocha fosfatada e S elementar previamente inoculado com *Acidithiobacillus*, em um solo ácido com baixo nível de fósforo disponível. Os autores verificaram maiores quantidades de P disponível no solo quando aplicados os tratamentos com biofertilizantes nas doses correspondentes de PNPk (150% DR).

Os resultados de K disponível no solo (Tabela) demonstraram que o tratamentos com aplicação de PNPk (150% DR) promoveu o maior teor de K no solo. O tratamento com bioprotetor apresentaram diferença significativa em comparação ao fertilizante mineral convencional (FNPk +PO; FNPk+NE), mas não apresentaram diferença significativa em comparação ao fertilizante mineral (FNPk+Az).

O efeito do bioprotetor de forma similar ao fertilizante mineral também pode ser explicado levando em consideração que ocorrem bactérias oxidantes do enxofre, além de *Acidithiobacillus*, e bem como fungos que produzem fosfatases, quitina e quitosana, como *Aspergillus* e *Cunninghamella* (Franco et al., 2005). Esses microrganismos podem atuar na solubilização de P e K dos biofertilizantes, bem como nos minerais do solo; portanto, podem participar efetivamente no aumento da disponibilidade de P e K para as plantas.

Ca e Mg trocável no solo

Os resultados obtidos para cálcio trocável estão apresentados na Tabela 3. Foram verificados que os valores obtidos pelos tratamentos com PNPk não apresentaram diferença significativa em relação aos tratamentos com FNPk. especialmente quando aplicado PNPk na maior dose (150% dose recomendada), que apresentou a maior quantidade de cálcio no solo ($4,50 \text{ cmolc dm}^{-3}$), seguido por PNPk+Az apresentou o teor de cálcio no solo ($4,37 \text{ cmolc dm}^{-3}$).

. No presente estudo foram verificados valores entre 6,32 e 6,78 cmolc dm^{-3} para PNPk2+Q (150% dose recomendada) teor de magnésio trocável no solo (Tabela 3) não apresentaram valores significativos com os tratamentos com bioprotetor frente ao fertilizante químico. Confirmando a efeito do PNPk (bioprotetor) na disponibilidade de determinados elementos.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação à produção do bioprotetor (PNPK) podemos considerar que todas as fases foram concluídas com êxito. Os resultados obtidos permitem considerar que os bioprotetores orgânicos mostraram potencial como alternativa para aplicação na cana de açúcar;

O bioprotetor influenciou as variáveis nas plantas e nos atributos químicos do solo, tornando este produto, uma alternativa para a substituição dos fertilizantes minerais solúveis

O bioprotetor orgânico mostra potencial comparado com fertilizantes convencionais, tendo em vista que são mais econômicos e realização com eficiência a proteção ambiental.

Importante destacar que a experiência adquirida no laboratório Biotecnologia Ambiental do solo. A experiência em atuar na pesquisa encoraja a desenvolver maior competência e conhecimento científico. Foram meses de aprendizado; vivenciando como de fato é a realidade do experimento em campo com uma das principais cultura do estado. Esses conhecimentos para a formação de um Engenheiro Agrônomo são importantes.

7. REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. C. **História das usinas de açúcar de Pernambuco**. Recife: FJN. Ed. Massangana, 1989. 114 p.
- BODDEY, R.M. **Methods for quantification of nitrogen fixation associated with gramineae**. Crit Rev Plant Sci., 6: 209-266, 1987.
- CARLIN, S. D.; Almeida Silva, M. A.; Rossetto, R. **Parâmetros biométricos e produtividade da cana-de-açúcar após tombamento dos colmos**. Bragantia, v.67, p.845-853, 2008.
- FRANCO LO; STAMFORD TCM; STAMFORD NP; TAKAKI GMC. 2005. **Cunninghamella elegans (IFM 46109) como fonte de quitina e quitosana**. Analytica 4: 40-44.
- FRANCO, L.O.; STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, N.P.; CAMPOS-TAKAKI, G.M. **Cunninghamella elegans como fonte de quitina e quitosana**. Analytica, 13: 52-56, 2011.
- LIU, D. L.; KINGSTON, G.; BULL, T. A. A new technique for determining the thermal parameters of phenological development in sugarcane, including sub optimum and

supra-optimum temperature regimes. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 90, p. 119-139, 1999.

ROBERTS, R. **minerais potássicos e a produção de fertilizantes potássicos no mundo**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Inform. Agron. 107: 2-3, 2004.

STAMFORD, N. P., LIMA, R. A., LIRA JÚNIOR, M. A., SANTOS, C. E. R. S. **Effectiveness of phosphate and potash rocks with *Acidithiobacillus* on sugar cane yield and their effects in soil chemical attributes**. World J. Microbiol. Biotechnol, 24: 2061- 2066, 2008.

STAMFORD, N. P., RIBEIRO, M. R., FREITAS, A. D. S., CUNHA, K. P. V., SANTOS, C.E.R.S., DIAS, S. H. L. **Effectiveness of sulfur with *Acidithiobacillus* and gypsum in chemical attributes of a Brazilian sodic soil**. World J. Microbiol. Biotechnol. 3: 1433-1439, 2007.

STAMFORD, N. P., Santos, C. E. R. S., Silva Junior, S. , Lira Junior, M. A., Figueiredo, M. V. B. **Effect of rhizobia and rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* on cowpea nodulation and nutrients uptake in a tableland soil**. World J. Microbiol. Biotechnol. 24: 1857-1865, 2008.

STAMFORD, N. P., SANTOS, P. R., SANTOS, C. E. R. S., FREITAS, A. D. S., DIAS, S. H. L., LIRA JÚNIOR, M. A. **Agronomic effectiveness of biofertilizers with phosphate rock, sulphur and *Acidithiobacillus* in a Brazilian tableland acidic soil grown with yam bean**. Bioresource Technol. 98: 1311-1318, 2007.