

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

RAYANE ROSA

**ADUBAÇÃO MINERAL E ESPÉCIES NATIVAS NA
REVEGETAÇÃO DE BASE DE POÇO DE
PETRÓLEO EM ÁREA DE RESTINGA**

São Mateus - ES

Agosto de 2020

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

**ADUBAÇÃO MINERAL E ESPÉCIES NATIVAS NA
REVEGETAÇÃO DE BASE DE POÇO DE
PETRÓLEO EM ÁREA DE RESTINGA**

RAYANE ROSA

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires

**São Mateus - ES
Agosto de 2020**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

R788a Rosa, Rayane, 1994-
Adubação mineral e espécies nativas na revegetação de base de
poço de petróleo em área de restinga / Rayane Rosa. - 2020.
88 f. : il.

Orientador: Fábio Ribeiro Pires.
Coorientadores: Adriano Alves Fernandes, Sara Dousseau
Arantes.

Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Recuperação. 2. Adubação. 3. Restinga. 4. Áreas degradadas.
I. Pires, Fábio Ribeiro. II. Fernandes, Adriano Alves. III.
Arantes, Sara Dousseau. IV. Universidade Federal do Espírito
Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. V. Título.

CDU: 63

RAYANE ROSA

**ADUBAÇÃO MINERAL E ESPÉCIES NATIVAS NA REVEGETAÇÃO
DE BASE DE POÇO DE PETRÓLEO EM ÁREA DE RESTINGA**

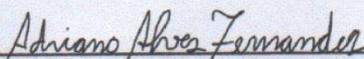
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 31 de agosto de 2020.

COMISSÃO EXAMINADORA



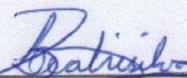
Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador)



Prof. Dr. Adriano Alves Fernandes
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Profa. Dra. Sara Dousseau Arantes
Incaper
Coorientadora



Profa. Dra. Leilá Beatriz Silva Cruz
Petrobrás

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me dado forças e sabedoria durante toda a minha vida, e em especial durante o período do mestrado.

Aos meus orientadores e coorientadores, Fábio Ribeiro Pires, Adriano Alves Fernandes, Antelmo Ralph Falqueto e Sara Dousseau Arantes que acreditaram em minha capacidade, e me deram todo apoio durante a elaboração dos experimentos. Obrigada pelos ensinamentos passados durante o curso, vocês foram fundamentais e essenciais para essa conquista.

Ao meu noivo Fernando Luiz Rigoni, por ter estado sempre ao meu lado me apoiando e também me ajudando na execução de várias etapas do experimento.

A minha irmã Rayza Rosa, que também me ajudou quando possível em algumas atividades do experimento.

Em especial aos meus amigos André Luiz Ribeiro Azeredo, Jhonny Kelvin Dias e André Lucas Reboli Pagoto, que me ajudaram em todas as etapas dos experimentos. Sou muito grata pela ajuda, paciência e amizade de vocês, que foram fundamentais e também responsáveis por todos os resultados obtidos.

Aos amigos Juliana Menegassi Valle, Franciele Rossini, Hérica Chisté, Adriele Jardim, João Vitor Garcia, Lais Magevski, Amanda Monteiro Cerutti, Stéphane Santos Souza e José Eduardo Matos, que me deram forças e me ajudaram sempre que precisei.

À toda a equipe do projeto de pesquisa que não mediram esforços para ajudar sempre que necessário, mesmo na chuva, sol quente, de noite ou até mesmo de madrugada.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), ao centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

À Petrobras (Petróleo Brasileiro S. A.), que pelo seu Centro de Pesquisa CENPES, que incentivou o desenvolvimento da pesquisa e fornecimento da bolsa de estudo.

À Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), pela atribuição de estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias para o setor.

Enfim, a todos que contribuíram para essa conquista.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. CAPÍTULOS.....	1
1.1 DESENVOLVIMENTO E ATRIBUTOS MORFOFUNCIONAIS FOLIARES DE ESPÉCIES NATIVAS UTILIZADAS NA REVEGETAÇÃO DE BASE DE POÇO DE PETRÓLEO.....	2
Resumo.....	2
Abstract.....	4
1.1.1 Introdução.....	5
1.1.2 Material e Métodos.....	7
1.1.2.1 Descrição da Área Experimental.....	7
1.1.2.2 Delineamento Experimental.....	7
1.1.2.3 Espécies Vegetais.....	7
1.1.2.4 Preparo do Solo.....	8
1.1.2.5 Plantio em Campo e Tratos Culturais.....	8
1.1.2.6 Avaliações Ecofisiológicas.....	9
1.1.2.6.1 Sobrevivência e Crescimento.....	9
1.1.2.6.2 Atributos Foliares.....	9
1.1.2.7 Análise Estatística.....	10
1.1.3 Resultados.....	10
1.1.3.1 <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	10
1.1.3.1.1 Índice de Sobrevivência.....	10
1.1.3.1.2 Crescimento das Plantas.....	11
1.1.3.1.3 Atributos Foliares.....	12
1.1.3.2 <i>Chrysobalanos icaco</i>	14
1.1.3.2.1 Índice de Sobrevivência.....	14
1.1.3.2.2 Crescimento das Plantas.....	14
1.1.3.2.3 Atributos Foliares.....	15
1.1.3.3 <i>Inga laurina</i>	16
1.1.3.3.1 Índice de Sobrevivência.....	16
1.1.3.3.2 Crescimento das Plantas.....	17

1.1.3.3	Atributos Foliares.....	18
1.1.3.4	<i>Mouriri guianensis</i>	19
1.1.3.4.1	Índice de Sobrevivência.....	19
1.1.3.4.2	Crescimento das Plantas.....	20
1.1.3.4.3	Atributos Foliares.....	21
1.1.3.5	<i>Garcinia brasiliensis</i>	23
1.1.3.5.1	Índice de Sobrevivência.....	23
1.1.3.5.2	Crescimento das Plantas.....	24
1.1.3.5.3	Atributos Foliares.....	24
1.1.4	Discussão.....	27
1.1.4.1	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	27
1.1.4.2	<i>Chrysobalanus icaco</i>	28
1.1.4.3	<i>Inga laurina</i>	30
1.1.4.4	<i>Mouriri guianensis</i>	31
1.1.4.5	<i>Garcinia brasiliensis</i>	32
1.1.5	Conclusão.....	34
1.1.6	Referências.....	36
	Apêndice.....	44
2	CAPÍTULOS.....	47
2.1	ATIVIDADE FOTOSSINTÉTICA EM ESPÉCIES NATIVAS SUBMETIDAS A DIFERENTES SOLOS E ADUBAÇÃO, PARA REVEGETAÇÃO DE BASE DE POÇO DE PETRÓLEO.....	48
	Resumo.....	48
	Abstract.....	50
2.1.1	Introdução.....	51
2.1.2	Material e Métodos.....	52
2.1.2.1	Descrição da Área Experimental.....	52
2.1.2.2	Espécies Vegetais.....	53
2.1.2.3	Preparo de Solo.....	53
2.1.2.4	Plantio em Campo e Tratos Culturais.....	53
2.1.2.5	Fluorescência Transiente da Clorofila a.....	54
2.1.2.6	Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	56
2.1.3	Resultados.....	56
2.1.3.1	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi.....	56

2.1.3.1.1 Parâmetros de Eficiência e Rendimento Quânticos.....	56
2.1.3.1.2 Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSII.....	58
2.1.3.1.3 Índice de Performance.....	59
2.1.3.2 <i>Chrysobalanus icaco</i>	59
2.1.3.3 <i>Inga laurina</i>	59
2.1.3.3.1 Parâmetros de Eficiência e Rendimento Quânticos.....	59
2.1.3.3.2 Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSI.....	62
2.1.3.3.3 Índice de Performance.....	63
2.1.3.4 <i>Mouriri guianensis</i>	64
2.1.3.4.1 Parâmetros de Eficiência e Rendimento Quânticos.....	64
2.1.3.4.2 Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSII.....	65
2.1.3.4.3 Índice de Performance.....	66
2.1.3.5 <i>Garcinia brasiliensis</i>	66
2.1.3.5.1 Parâmetros de Eficiência e Rendimento Quânticos.....	66
2.1.3.5.2 Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSII.....	69
2.1.3.5.3 Índice de Performance.....	70
2.1.4 Discussão.....	70
2.1.5 Conclusão.....	75
2.1.6 Referências.....	77
Apêndice.....	82

RESUMO

ROSA, Rayane; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Agosto de 2020; **Adubação mineral e espécies nativas na revegetação de base de poço de petróleo em área de restinga**; Orientador: Fábio Ribeiro Pires, Coorientadores: Adriano Alves Fernandes; Antelmo Ralph Falqueto and Sara Dousseau Arantes.

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ricos em biodiversidade, mas a crescente urbanização e as atividades extrativistas têm provocado a degradação dessas áreas e um consequente desequilíbrio de todo ciclo natural do ambiente, o que dificulta o processo de regeneração natural. Muitas destas atividades necessitam da degradação do solo, o que os tornam com baixa concentração de nutrientes e matéria orgânica e também em muitos casos, compactado. Para reverter os processos de degradação dessas áreas, são utilizadas técnicas de revegetação, com o uso de espécies nativas e adubação mineral, a fim de melhorar o solo e facilitar o processo de sucessão ecológica. Visando à revegetação de uma base de poço de petróleo no município de São Mateus - ES, foi desenvolvido um experimento para avaliar o índice de sobrevivência, crescimento, atributos foliares e atividade fotossintética de *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Chrysobalanus icaco*, *Inga laurina*, *Mouriri guianensis* e *Garcinia brasiliensis*, transplantadas em dois tipos de solos (arenoso e argiloso) e submetidas a cinco doses de NPK 04-14-08 no plantio. Cada espécie foi avaliada individualmente em delineamento experimental de blocos casualizados em um esquema de parcelas subdivididas com 4 blocos. As parcelas foram constituídas pelos dois tipos de solo (arenoso e argiloso) e as subparcelas pelos 5 tratamentos de adubação de plantio com NPK 04-14-08 (0, 40, 80, 160 e 320 g por cova⁻¹). O índice de sobrevivência foi alto em *S. terebinthifolius* Raddi, *I. laurina* e *M. guianensis*. Em *C. icaco* foi baixo quando aplicado doses mais elevadas de adubação de plantio. Os melhores resultados são representados pelos tratamentos que não receberam adubação ou quando se aplicou doses mais baixas. *G. brasiliensis* também apresentou uma redução no índice de sobrevivência em doses mais elevadas. O crescimento das espécies *S. terebinthifolius* Raddi, *C. icaco*, *M. guianensis* e *G. brasiliensis*, não sofreram influência em relação ao tipo de solo. Em *I. laurina*, as plantas que foram cultivadas em solo do tipo argiloso foram as que apresentaram melhor crescimento. Para adubação de plantio com NPK 04-14-08, foi notório a divisão entre plantas que não

necessitam de adubação de plantio (*C. icaco*, *I. laurina* e *G. brasiliensis*) e as que se desenvolvem melhor em média com 200 g cova⁻¹ de NPK (*S. terebinthifolius*Raddi, *M. guianensis*). Os atributos foliares mostraram uma resposta adaptativa das plantas em relação às condições de estresse ambiental as quais foram submetidas, mostrando ser um método preciso para avaliar o comportamento das espécies estudadas. As espécies *S. terebinthifolius*Raddi, *I. laurina* e *G. brasiliensis* foram mais sensíveis a alterações no aparato fotossintético quando cultivadas em solo arenoso. Esse fato demonstrou que é possível a revegetação desse tipo de ambiente sem a retirada do solo argiloso depositado no local, considerando essas três espécies. As doses de adubação com NPK, não interferiram nos parâmetros do teste JIP para as espécies *S. terebinthifolius*Raddi e *M. guianensis*, nos dois períodos de avaliação e em *C. icaco*, aos seis meses.

ABSTRACT

ROSA, Rayane; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; Agost 2020; **Mineral fertilization and native species in oil well base revegetation in restinga area**; Advisor: Fábio Ribeiro Pires, Co-advisors: Adriano Alves Fernandes; Antelmo Ralph Falqueto and Sara Dousseau Arantes.

The Atlantic Forest is one of the richest biomes in biodiversity, but the growing urbanization and extractive activities have caused the degradation of these areas and a consequent imbalance of the entire natural cycle of the environment, which makes the process of natural regeneration difficult. Many of these activities require soil degradation, which makes them low in nutrients and organic matter and also in many cases compacted. To revert the degradation processes of these areas, revegetation techniques are used, with the use of native species and mineral fertilization, in order to improve the soil and facilitate the process of ecological succession. In order to revegetate an oil well base in the municipality of São Mateus - ES, an experiment was developed to evaluate the survival rate, growth, leaf attributes and photosynthetic activity of *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Chrysobalanus icaco*, *Inga laurina*, *Mouriri guianensis* and *Garcinia brasiliensis*, transplanted in two types of soil (sandy and clayey) and submitted to five doses of NPK 04-14-08 at planting. Each species was evaluated individually in a randomized block design in a split plot scheme with 4 blocks. The plots consisted of the two types of soil (sandy and clayey) and the subplots by the 5 planting fertilization treatments with NPK 04-14-08 (0, 40, 80, 160 and 320 g per pit⁻¹). The survival rate was high in *S. terebinthifolius* Raddi, *I. laurina* and *M. guianensis*. In *C. icaco* it was low when higher doses of planting fertilizer were applied. The best results are represented by treatments that did not receive fertilization or when lower doses were applied. *G. brasiliensis* also showed a reduction in the survival rate at higher doses. The growth of the species *S. terebinthifolius* Raddi, *C. icaco*, *M. guianensis* and *G. brasiliensis*, did not suffer influence in relation to the type of soil. In *I. laurina*, the plants that were grown in clayey soil were those that showed the best growth. For planting fertilization with NPK 04-14-08, the division between plants that do not require planting fertilization (*C. icaco*, *I. laurina* and *G. brasiliensis*) and those that develop better on average with 200 g of NPK (*S. terebinthifolius* Raddi and *M. guianensis*). The leaf attributes showed an adaptive response of the plants in relation to the conditions of

environmental stress to which they were submitted, showing to be an accurate method to evaluate the behavior of the studied species. The species *S. terebinthifolius* Raddi, *I. laurina* and *G. brasiliensis* were more sensitive to changes in the photosynthetic apparatus when cultivated in sandy soil. This fact demonstrated that it is possible to revegetate this type of environment without removing the clayey soil deposited there, considering these three species. The fertilization doses with NPK, did not interfere in the parameters of the JIP test for the species *S. terebinthifolius* Raddi and *M. guianensis*, in the two evaluation periods and in *C. icaco*, at six months.

1. CAPÍTULOS

1.1 DESENVOLVIMENTO E ATRIBUTOS MORFOFUNCIONAIS FOLIARES DE ESPÉCIES NATIVAS UTILIZADAS NA REVEGETAÇÃO DE BASE DE POÇO DE PETRÓLEO

Resumo

Os ambientes de restinga impactados com as atividades petrolíferas sofrem com a retirada das camadas superficiais de solo fértil, supressão da vegetação e com a compactação do solo devido ao uso de argila para instalação dos poços. Para desenvolver métodos de mitigação dos impactos, trabalhos de recuperação através da revegetação têm sido realizados. Objetivou-se avaliar a influência do preparo de solo e adubação mineral em função do crescimento morfológico e atributos morfofuncionais foliares de espécies nativas utilizadas na revegetação de área de base de poço de extração de petróleo. O experimento foi desenvolvido em área impactada com a exploração petrolífera, no município de São Mateus/ ES. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida com 4 repetições. As parcelas foram os dois tipos de solo e as subparcelas os 5 tratamentos de adubação de plantio com NPK 04-14-08 com 0, 40,

80, 160 e 320 g por cova⁻¹. As espécies responderam de forma variável em função da adubação aplicada. A espécie *I. laurina* apresentou maior número de folhas quando cultivada em solo argiloso. Para adubação de plantio recomenda-se a aplicação 219,27 a 227,25 g cova⁻¹ para *S. terebinthifolius* Raddi e 189,83 g cova⁻¹ para *M. guianensis*. Para as espécies *I. laurina* e *G. brasiliensis* ocorreu uma redução gradativa do número de folhas com o aumento da adubação. Em *C. icaco* os melhores resultados são tratamentos que não receberam adubação. Os atributos foliares demonstraram uma resposta adaptativa das plantas em relação às condições de estresse ambiental as quais foram submetidas.

Palavras-chave: Recuperação, adubação, restinga, áreas degradadas.

Abstract

Restinga environments impacted by petroleum activities suffer from the removal of surface surfaces of fertile soil, suppression of vegetation and soil compaction due to the use of clay for the installation of wells. In order to develop methods to mitigate impacts, recovery work through revegetation has already been carried out. Objective: to evaluate the influence of soil preparation and mineral fertilization as a function of the morphological growth and morphofunctional attributes of native species used in the revegetation of the base area of the oil extraction well. The experiment was carried out in the area impacted by oil exploration, in the municipality of São Mateus / ES. The experimental design was in randomized blocks in a split-plot scheme with 4 replications. As main plots were the two types of soil and the subplots of the 5 plant fertilization procedures with NPK 04-14-08 with 0, 40, 80, 160 and 320 g per pit-1. The species *I. laurina* has the largest number of leaves when grown in clay soil. For plant fertilization it is recommended to apply 219.27 to 227.25 g cova-1 for *S. terebinthifolius* and 189.83 g cova-1 for *M. guianensis*. For the species *I. laurina* and *G. brasiliensis* there was a gradual reduction in the number of leaves with increasing fertilization. In *C. icaco*, the best results are treated that do not receive fertilization. The leaf attributes showed an adaptive response of the plants in relation to the conditions of environmental stress, such as which were submitted.

Keywords: Rehabilitation, fertilization, restinga, degraded area.

1.1.1 Introdução

A produção de petróleo na área continental *onshore* é uma atividade econômica significativa de alguns estados brasileiros (MARTINS et al., 2015). Porém, como toda atividade extrativista, além dos benefícios, também gera impactos negativos ao meio ambiente. O desmatamento, a fragmentação dos ecossistemas e a alteração do relevo, processos erosivos exemplificam alguns desses impactos (MARTINS et al., 2015, KANASHIRO e MIRANDA, 2016).

No Brasil, vários poços de petróleo encontram-se em áreas costeiras, nas quais está localizado o bioma Mata Atlântica, que ocupa cerca de 15% do total do território brasileiro. Com os processos de colonização e exploração, esse bioma passou para uma proporção de aproximadamente 12,4% da sua composição original, sendo que 80% dessa área remanescente estão localizados em propriedades privadas (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2019).

As áreas em terrenos arenosos localizadas paralelamente a linha costeira brasileira, que possui uma rica e diversa vegetação é conhecida como restinga, ocorrendo ao longo de 5.000 Km de extensão no litoral brasileiro (HOLZER et al., 2004). As restingas formam um ecossistema especial por suas características e por formarem uma área de interligação da vegetação de dunas e da vegetação da floresta alta. Existem vários fatores que tornam a restinga um ambiente bastante frágil, como o desbalanço hídrico do solo (baixa capacidade de retenção de água), a ação do vento, solo bastante pobre em nutrientes, alta salinidade, altas temperaturas, luminosidade e também o soterramento pela areia (BARBOSA et al., 2006).

Essa vegetação é muito prejudicada com a crescente urbanização, o turismo, agricultura, atividades extrativistas e também sofrem com o desmatamento (FREITAS et al., 2019). Como a exploração e produção de petróleo no Espírito Santo, remonta à década de 60, o licenciamento ambiental ainda não considerava as restingas como Área de Preservação Permanente – APP (CONAMA, 2006). Sendo assim, várias atividades de exploração e produção de petróleo foram instaladas nestas áreas, conforme legislação aplicável. Nestes ambientes ocorreram a retirada da vegetação e das camadas superficiais de solo fértil para construção de bases de poços, unidades de tratamento de petróleo e estradas vicinais. Para estas instalações havia a necessidade de compactação do solo, com o devido uso de

argila para recobrimento das áreas, o que provocou impactos negativos à vida microbiana do solo. Entretanto, existem grandes diferenças entre o solo depositado (argiloso) e o solo natural da restinga (arenoso). Os solos argilosos são caracterizados por possuírem maior quantidade de matéria orgânica e maior capacidade de armazenamento de água, além de apresentarem maior variabilidade na fertilidade, comparados ao arenoso. Em contrapartida, os solos argilosos possuem maior suscetibilidade a compactação, o que pode dificultar a penetração das raízes das plantas (CENTENO et al., 2017).

Dessa forma, para desenvolver métodos de mitigação dos impactos negativos causados nesse ambiente, têm sido desenvolvidos trabalhos de recuperação de áreas impactadas, através da revegetação. Várias técnicas são aplicadas para a recuperação de uma área, e uma delas é a nucleação, que se baseia na capacidade de uma espécie melhorar o ambiente e facilitar a ocupação da área por outras espécies secundárias. O plantio de mudas é uma técnica que amplia a nucleação, nesse caso são utilizadas espécies pioneiras e não pioneiras (BOAVENTURA et al., 2019).

Em projetos de plantio de mudas afim de revegetar uma área degradada avaliar o desenvolvimento e crescimento das plantas em campo é essencial, pois o crescimento potencializa o processo de cobertura do solo e a competição com plantas invasoras (LIMA et al., 2016).

Para impulsionar o crescimento das espécies em solos que foram impactados, é importante o uso de alguma fonte de nutrientes, principalmente na fase inicial do crescimento (MOREIRA et al., 2019). As espécies florestais nativas possuem necessidades nutricionais bastante diversificadas, e não há como definir um padrão único de fertilização que atenda a demanda nutricional de todas ao mesmo tempo. É de grande relevância o estudo individual das mesmas, podendo compreender o comportamento de cada uma, de acordo com o ambiente em que estão inseridas (CRUZ et al., 2006; SILVA et al., 2017).

Nesse sentido, objetivou-se avaliar a influência do solo e da adubação mineral, em função do crescimento e atributos morfofuncionais foliares, de espécies nativas utilizadas na revegetação de área de base de poço de extração de petróleo desativada.

1.1.2 Material e Métodos

1.1.2.1 Descrição da Área Experimental

O experimento foi desenvolvido durante o período de janeiro de 2019 a janeiro de 2020, em uma área de tabuleiro costeiro impactada pela exploração petrolífera, localizada no município de São Mateus/ ES, nas mediações do bairro Rio Preto. A vegetação nativa da região é caracterizada como vegetação de restinga, com predominância de solo do tipo arenoso.

O clima da região é definido como Aw, segundo a classificação internacional de Koppen, tropical quente e úmido, apresentando duas estações bem definidas, secas no outono/inverno e chuvosa na primavera/verão, com temperatura média de 24°C (ALVARES et al., 2014).

A área experimental foi instalada sobre uma base de poço de petróleo desativada. Durante a implantação desses poços foi necessária a adição de solo argiloso, de áreas de empréstimo da região, numa camada de aproximadamente 20 cm de altura, para favorecer a agregação do solo e dar suporte para a passagem de veículos e a instalação dos equipamentos necessários à extração e produção do petróleo. Devido a todo este processo, o solo depositado foi compactado durante a construção da base, e também o solo original da área foi afetado com a retirada de toda a camada fértil.

1.1.2.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em um esquema de parcela subdividida com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelos dois tipos de solo (arenoso e argiloso) e as subparcelas pelos 5 tratamentos de adubação de plantio com NPK 04-14-08 (0, 40, 80, 160 e 320 g por cova⁻¹). Cada parcela experimental mediu 100m² (10 x 10 m). Cada unidade experimental foi representada por três plantas.

1.1.2.3 Espécies Vegetais

As espécies selecionadas para o plantio foram: *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira), *Chrysobalanus icaco* L. (Guajiru) *Inga laurina* (Ingá Mirin), *Mouriri guianensis* (Murta) e *Garcinia brasiliensis* (Bacupari). As mudas nativas foram adquiridas no Centro Sócio Cultural Ambiental José Bahia, São Mateus/ES.

1.1.2.4 Preparo do Solo

Foi realizado um preparo de solo em toda a área experimental. Para as parcelas com argila foi realizado subsolagem e gradagem para a descompactação do solo. Nas parcelas constituídas por solo arenoso foi feita a retirada de toda a camada superficial de argila, utilizando trator de pneu e retroescavadeira. Após o procedimento, foi realizada uma análise de solo inicial, para determinação dos atributos químicos (TABELA 1).

TABELA 1. Atributos químicos do solo da área experimental no município de São Mateus, ES, na profundidade de 0-20 cm.

Solo	MO g Kg ⁻¹	pH (H ₂ O)	P _mg dm ⁻³ _	K _mg dm ⁻³ _	Ca _mg dm ⁻³ _	Mg _mg dm ⁻³ _	Al _cmol _c dm ⁻³ _	H+Al _mg dm ⁻³ _	SB _mg dm ⁻³ _	T _mg dm ⁻³ _	V _%	m
Arenoso	5,01	5,57	5,28	27,50	0,39	0,23	0,00	2,76	0,69	3,46	20,39	0,00
Argiloso	0,63	4,92	7,08	57,20	0,87	0,71	0,30	3,70	1,85	5,55	33,28	13,97

Em seguida, aplicou-se herbicida Glifosato® (1,5Lha⁻¹)(15 dias antes do plantio) em todas as parcelas experimentais, para a eliminação de plantas daninhas. Posteriormente, as covas foram preparadas para o plantio, com aproximadamente 20 cm de profundidade, perfuradas manualmente com auxílio de cavadeira de boca. Todas as covas foram adubadas com NPK (04-14-08) de acordo com os tratamentos.

1.1.2.5 Plantio em Campo e Tratos Culturais

O plantio das mudas das espécies nativas ocorreu no mês de janeiro de 2019. Foram plantadas 120 mudas de cada espécie com espaçamento de 1,33 x 1,00 m. Visando a proteção contra as altas temperaturas, as mudas foram cobertas com palhas de coco durante 3 meses após o plantio. Foi efetuado o replantio de mudas que morreram até um mês após o plantio. Essas perdas não foram

contabilizadas na taxa de sobrevivência, pois se trata de uma atividade realizada normalmente em programas de revegetação.

Durante os 3 primeiros meses foi realizada irrigação por gotejamento com turnos de rega de 45 minutos, duas vezes por dia, com um total de fornecimento de 3.0L de água por dia por planta. Com 3 meses, em função de proporcionar maior adaptação das plantas as condições do ambiente, a irrigação foi reprogramada para 3 vezes por semana. O desligamento total da irrigação ocorreu 5 meses após o transplante.

Todas as plantas receberam adubação de cobertura. Foi utilizado 25g por planta⁻¹ de NPK 20-00-20 com micronutrientes, sendo no primeiro ano a cada 60 dias a partir do plantio.

Sempre que necessário, houve o controle de plantas daninhas em toda a área experimental, por meio de capinas e o coroamento das plantas. O controle de formigas cortadeiras foi feito por iscas formicidas Mirex-SD®, espalhadas próximas aos formigueiros.

1.1.2.6.8 Avaliações Ecofisiológicas

1.1.2.6.1 Sobrevivência e Crescimento

As avaliações de crescimento foram realizadas aos seis meses após o plantio. As variáveis avaliadas foram altura da planta (AP), medida com o auxílio de uma trena graduada em milímetros; diâmetro do caule (DC), mensurado no nível do solo por um paquímetro digital e número de folhas (NF), obtido pela contagem de todas as folhas desenvolvidas. O índice de sobrevivência, expresso em porcentagem, foi avaliado aos três meses e um ano após o plantio.

1.1.2.6.2 Atributos Foliares

Os atributos foliares foram avaliados seis meses após o plantio, com coleta de 02 folhas por tratamento em cada bloco, armazenadas em sacos de papel e colocadas em caixa de isopor com gelo, para evitar a perda excessiva de água. Em seguida, no laboratório, utilizou-se um perfurador de metal para retirar três discos de 27,99 mm² de diâmetro cada da região mediana do limbo foliar. Com auxílio de uma

balança digital de precisão (0,0001 g), foi realizada a pesagem dos discos foliares para obtenção do valor da massa fresca (MF), os discos foram colocados em placas de petri e hidratados com água destilada por 24h. Na sequência, pesou-se os discos hidratados para obtenção do valor da massa túrgida (MT) e mediu-se a espessura (mm) com paquímetro digital (Digimess® 100.174BL 150mm/6). Ao final, foi obtida a massa seca (MS), os discos foram acondicionados em sacos de papel e colocados em estufa para secagem à 60°C até obter peso constante. A partir dos valores obtidos, foram calculados: suculência (g m^{-2}) (SUC) (KLUGE e TING, 1978); massa foliar por área foliar (g m^{-2}) (MFA) (KLUGE e TING, 1978) e índice de esclerofilia (g mm^2) (RIZZINI, 1997), onde:

$$\text{Suculência} = \frac{\text{MT} - \text{MS}}{\text{área foliar}}$$

$$\text{Massa foliar por área foliar} = \frac{\text{MS}}{\text{área foliar}}$$

$$\text{Índice de esclerofilia} = \left(\frac{\text{MS}}{2} \right) \times (\text{área foliar})$$

1.1.2.7 Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos, foi utilizado o teste de média Tukey a 5% para os tratamentos qualitativos (tipos de solo) e regressão linear e quadrática para os tratamentos quantitativos (doses de adubação). A análise estatística foi realizada com o auxílio do *Software Sisvar®* (FERREIRA, 2011).

1.1.3 Resultados

1.1.3.1 *Schinus terebinthifolius* Raddi

1.1.3.1.1 Índice de Sobrevivência

O índice de sobrevivência das plantas foi de 100% em todos os tratamentos aplicados (TABELA 2).

TABELA 2. Índice de sobrevivência de *Schinus terebinthifolius* Raddi, três meses e um ano após o plantio em área de revegetação de base de poço de petróleo.

Tratamento	Índice de Sobrevivência (%)	
	3 meses	1 ano
Arenoso/ 0 g	100,00	100,00
Arenoso/ 40 g	100,00	100,00
Arenoso/ 80 g	100,00	100,00
Arenoso/ 160 g	100,00	100,00
Arenoso/ 360 g	100,00	100,00
Argiloso/ 0 g	100,00	100,00
Argiloso/ 40 g	100,00	100,00
Argiloso/ 80 g	100,00	100,00
Argiloso/ 160 g	100,00	100,00
Argiloso/ 320 g	100,00	100,00

1.1.3.1.2 Crescimento das plantas

Para a espécie *S. terebinthifolius* Raddi, analisando os dois fatores isoladamente foi possível observar que o fator solo não diferiu para nenhuma das variáveis analisadas (TABELA 3). Para o fator adubação, as variáveis altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas apresentaram diferença significativa aos seis meses (APÊNDICE 1). Não houve interação significativa entre os fatores solo e adubação para as variáveis de crescimento avaliadas.

TABELA 3. Valores médios de altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas, seis meses após o plantio, de *Schinus terebinthifolius* Raddi em relação ao tipo de solo em área de base de poço de petróleo.

Variáveis	Altura da Planta (cm)		Diâmetro do Coleto (mm)		Número de folhas	
	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso
Média	79,30 a	82,92 a	14,33 a	15,96 a	122,20 a	164,18 a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação ao fator quantitativo (adubação), as três variáveis de crescimento avaliadas (AP, DC e NF) foram influenciadas pelas doses de NPK aplicadas no plantio. Para a AP, o modelo de regressão que melhor explica o resultado foi o linear crescente, com coeficiente de determinação de 0,6325. Ocorreu um aumento gradativo em altura (cm) de acordo com o fornecimento das doses de NPK no plantio (FIGURA 1 A).

Para as variáveis DC e NF, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático (FIGURA 1 B E C). Para a variável DC, o coeficiente de determinação foi de 0,8191, com ponto de máxima (17,14 mm) atingido na dose de 210,5 g covar⁻¹ (FIGURA 1 B).

O maior número de folhas foi obtido na dose de 227,25 g covar⁻¹ de NPK, com uma média de 177,22 folhas por planta e coeficiente de determinação igual a 0,6709 (FIGURA 1 C).

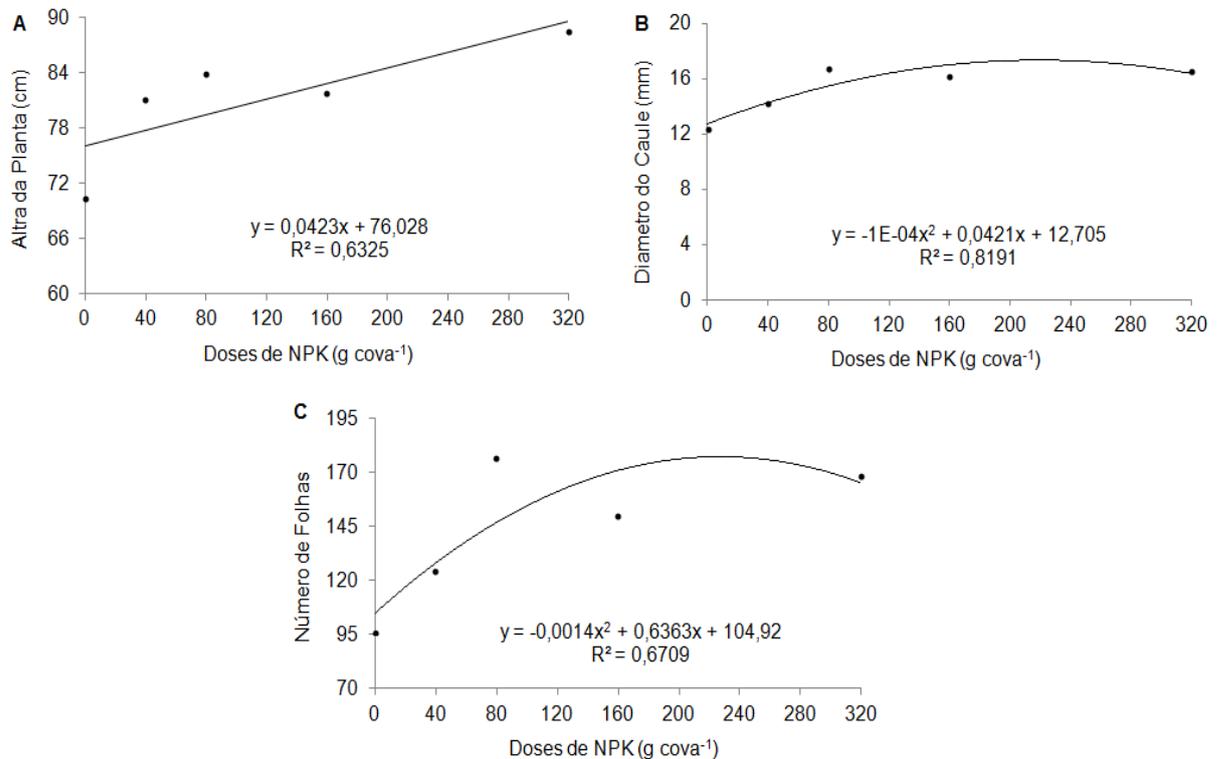


FIGURA 1. Efeito da adubação de plantio com NPK 04-14-08 na altura da planta (A), diâmetro do caule (B) e número de folhas (C) de *Schinus terebinthifolius* Raddi seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo.

1.1.3.1.3 Atributos Foliare

Em relação aos atributos foliares, a espécie *S. terebinthifolius* Raddi, apresentou resultados significativos somente para a variável espessura foliar (ESP). A suculência (SUC), massa foliar por área foliar (MFA) e o índice de esclerofilia (IE) não apresentaram diferença estatística entre os tratamentos testados (TABELA 4). Para a ESP foliar, a espécie apresentou diferença significativa para os fatores solo,

adubação e também para a interação entre os tratamentos solo e adubação (APÊNDICE 2).

TABELA 4. Valores médios do fator solo para suculência (SUC), massa foliar por área foliar (MFA) e índice de esclerofilia (IE) em *S. terebinthifolius* Raddi seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Variável	Médias de cada solo	
	Arenoso	Argiloso
SUC (g/m ²)	213,87 a	211,75 a
MFA (g/m ²)	102,38 a	101,78 a
IE (g/mm ²)	0,36 a	0,36 a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, n=8 para cada tratamento.

Analisando o desdobramento da interação para o fator solo dentro de cada nível de adubação, maior espessura foliar (0,27 mm²) foi obtida para o solo arenoso quando se aplicou 160 g cova⁻¹ de NPK (FIGURA 2). Para as demais doses utilizadas no plantio, os valores da ESP foliar não diferiram entre os dois tipos de solo avaliados. Entretanto, ao analisar a interação da adubação dentro de cada nível de solo, o modelo que melhor se ajustou aos dados nos dois tipos de solos, foi o linear crescente, com coeficiente de determinação de 0,7647 e 0,6409 para o solo arenoso e argiloso, respectivamente. Foi observado um efeito similar das doses de NPK nos dois solos, ocorrendo um aumento linear da espessura foliar, com o aumento das doses de adubação (FIGURA 2).

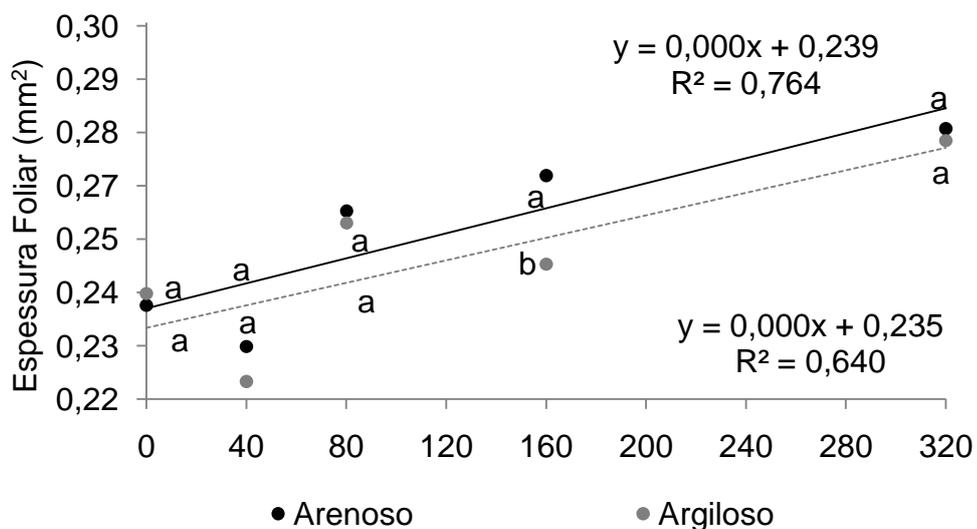


FIGURA 2. Desdobramento da interação entre os fatores solo (representado por letras minúsculas (letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%)) e

adubação (representado por regressão) sobre a espessura foliar (ESP) de *S. terebinthifolius* Raddi, seis meses após o plantio em área base de poço de petróleo.

1.1.3.2 *Chrysobalanus icaco*

1.1.3.2.1 Índice de Sobrevivência

O índice de sobrevivência aos três meses foi de 100% em todos os tratamentos. Um ano após o plantio, a dose de 320 g cova⁻¹ de NPK proporcionou a sobrevivência de apenas 58,33% das plantas no solo arenoso. Entretanto, esse valor reduz quando as plantas foram submetidas ao solo argiloso, para o qual somente 8,33% de sobrevivência foi registrado (TABELA 5).

TABELA 5. Índice de sobrevivência de *Chrysobalanus icaco*, três meses e um ano após o plantio em área de revegetação de base de poço de petróleo.

Tratamento	Índice de Sobrevivência (%)	
	3 meses	1 ano
Arenoso/ 0 g	100,00	100,00
Arenoso/ 40 g	100,00	100,00
Arenoso/ 80 g	100,00	100,00
Arenoso/ 160 g	100,00	75,00
Arenoso/ 360 g	100,00	58,33
Argiloso/ 0 g	100,00	91,67
Argiloso/ 40 g	100,00	91,67
Argiloso/ 80 g	100,00	91,67
Argiloso/ 160 g	100,00	75,00
Argiloso/ 320 g	100,00	8,33

1.1.3.2.2 Crescimento das Plantas

Os solos arenoso e argiloso não diferiram para as características de crescimento das plantas (TABELA 6). Entretanto, o tratamento adubação apresentou diferença significativa entre as doses testadas para todas as variáveis (AP, DC e NF) (APÊNDICE 1). O modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados para as três variáveis de crescimento foi o linear decrescente (FIGURA 3). Não ocorreu interação entre os tratamentos testados em nenhuma das variáveis de crescimento.

TABELA 6. Valores médios de altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas, seis meses após o plantio, de *Chrysobalanus icaco* em relação ao tipo de solo em área de base de poço de petróleo.

Variáveis	Altura da Planta (cm)		Diâmetro do Coleto (mm)		Número de folhas	
	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso
Média	21,43 a	18,14 a	5,76 a	4,25 a	55,67 a	36,72 a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

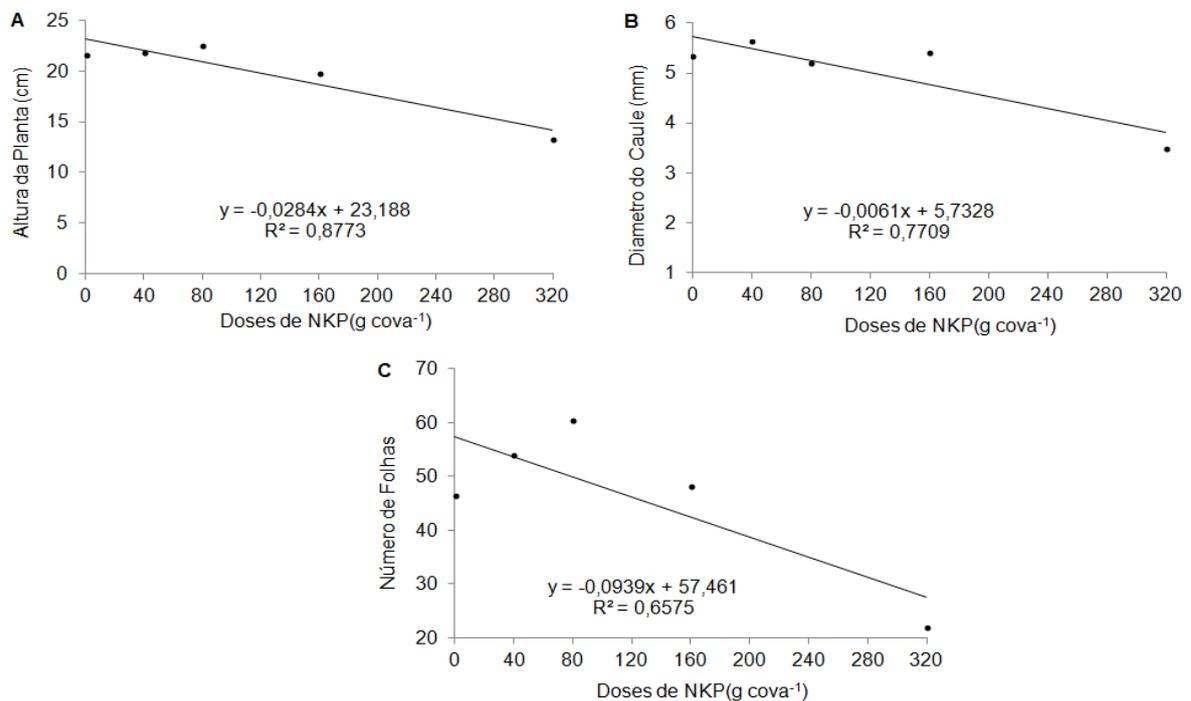


FIGURA 3. Efeito da adubação de plantio com NPK 04-14-08 na altura da planta (A), diâmetro do caule (B) e número de folhas (C) de *Chrysobalanus icaco*, seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo.

1.1.3.2.3 Atributos Foliares

Analisando as variáveis dos atributos foliares, a ESP foliar e SUC foliar não apresentaram resultados significativos para os tratamentos testados (TABELA 7). A MFA e o IE apresentaram diferenças significativas para os tratamentos solo e adubação separadamente. Não ocorreu interação significativa entre os fatores solo e adubação (APÊNDICE 2).

TABELA 7. Valores médios do fator solo para espessura foliar (ESP), suculência (SUC), massa foliar por área foliar (MFA) e índice de esclerofilia (IE) em *C. icaco* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Variável	Médias de cada solo	
	Arenoso	Argiloso
ESP (mm ²)	0,31 a	0,31 a
SUC (g/m ⁻²)	265,85 a	263,67 a
MFA (g/m ²)	126,95 a	117,27 b
IE (g/mm ²)	0,45 a	0,41 b

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, n=8 para cada tratamento.

Para a variável MFA, analisando o fator solo separadamente, as plantas cultivadas em solo arenoso apresentaram maior MFA (TABELA 7). Para o tratamento adubação, o modelo que melhor explicou o efeito das doses em função da MFA das plantas foi o linear decrescente ($R^2=0,9593$) (FIGURA 4 A).

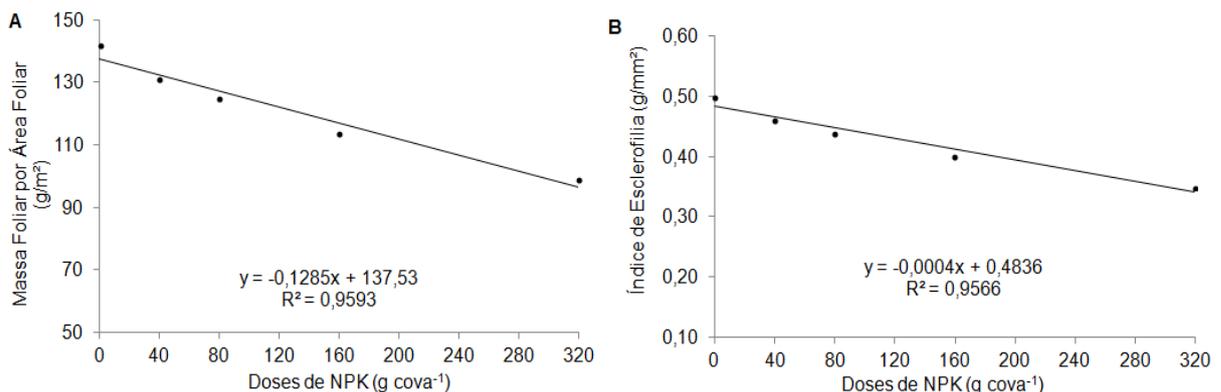


FIGURA 4. Efeito da adubação de plantio com NPK 04-14-08 em relação a massa foliar por área foliar (MFA) e índice de esclerofilia (IE) em *C. icaco* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Para o IE, em relação ao tratamento qualitativo (solo), o solo que apresentou plantas com o maior IE foi o arenoso. Em relação ao tratamento quantitativo (adubação), o modelo de regressão que se ajustou aos resultados das duas espécies é o linear decrescente, com coeficiente de determinação de 0,9566 (FIGURA 4 B).

1.1.3.3 *Inga laurina*

1.1.3.3.1 Índice de Sobrevivência

Em relação a *I. laurina* foi observado alto índice de sobrevivência um ano após o plantio, sendo que a maior parte dos tratamentos obtiveram uma sobrevivência de 100%. Os menores valores observados foram de 91,67% nos tratamentos solo arenoso/ 320 g, argiloso/ 40 g e argiloso/ 160 g (TABELA 8).

TABELA 8. Índice de sobrevivência de *Inga laurina*, três meses e um ano após o plantio em área de revegetação de base de poço de petróleo.

Tratamento	Índice de Sobrevivência (%)	
	3 meses	1 ano
Arenoso/ 0 g	100,00	100,00
Arenoso/ 40 g	100,00	100,00
Arenoso/ 80 g	100,00	100,00
Arenoso/ 160 g	100,00	100,00
Arenoso/ 360 g	100,00	91,61
Argiloso/ 0 g	100,00	100,00
Argiloso/ 40 g	100,00	91,67
Argiloso/ 80 g	100,00	100,00
Argiloso/ 160 g	100,00	91,67
Argiloso/ 320 g	100,00	100,00

1.1.3.3.2 Crescimento das plantas

Em relação à espécie *Inga laurina*, a altura das plantas e diâmetro do caule, não apresentaram diferença significativa para os tratamentos solo e adubação, de forma individual. No entanto, para o número de folhas foi observado diferença significativa para os dois tratamentos (solo e adubação) (APÊNDICE 1). Não foi observada interação entre os tratamentos solo e adubação, para nenhuma das variáveis.

As plantas que foram cultivadas no solo argiloso apresentaram em média 27 folhas por planta, valor maior do que o observado para o solo arenoso, que foi em média 16 folhas por planta (TABELA 9).

TABELA 9. Valores médios de altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas, seis meses após o plantio, de *Inga laurina*, em relação ao tipo de solo em área de base de poço de petróleo.

Variáveis	Altura da Planta (cm)		Diâmetro do Coleto (mm)		Número de folhas	
	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso
Média	36,55 a	48,49 a	6,97 a	8,40 a	16,15b	27,11 a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O número de folhas em relação às doses de NPK aplicadas no plantio apresentou efeito linear decrescente (FIGURA 5), com coeficiente de determinação de 0,5465.

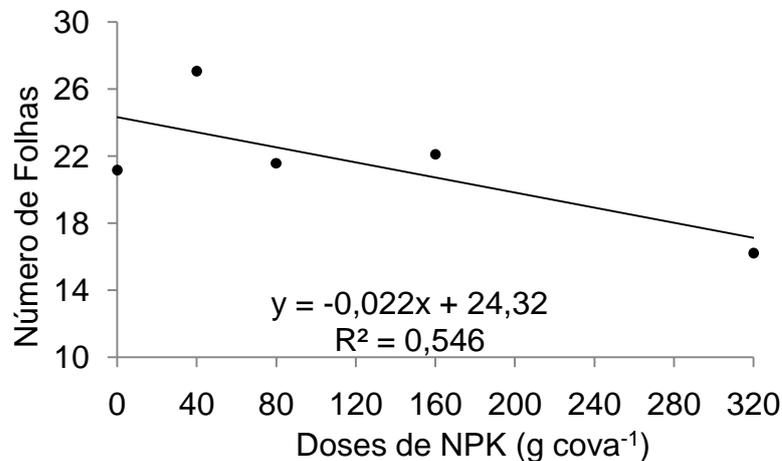


FIGURA 5. Efeito da adubação de plantio com NPK 04-14-08 sobre o número de folhas de *Inga laurina*, seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo.

1.1.3.3.3 Atributos Foliare

Para a espécie *I. laurina*, as variáveis ESP foliar, MFA e o IE não apresentaram resultados significativos entre os tratamentos testados (APÊNDICE 2). Contudo, a SUC foliar não apresentou significância para o fator solo (TABELA 10), mas foi possível notar diferença estatística no fator adubação. Não ocorreu interação entre os tratamentos solo e adubação (APÊNDICE 2).

TABELA 10. Valores médios do fator solo para espessura foliar (ESP), suculência (SUC), massa foliar por área foliar (MFA) e índice de esclerofilia (IE) em *I. laurina* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Variável	Médias de cada solo	
	Arenoso	Argiloso
ESP (mm ²)	0,20 a	0,21 a
SUC (g/m ⁻²)	151,04 a	148,93 a
MFA (g/m ²)	100,74 a	102,41 a
IE (g/mm ²)	0,35 a	0,36 a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, n=8 para cada tratamento.

Analisando o fator adubação, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear crescente, ou seja, ocorreu um aumento da SUC com o aumento das doses de adubação (FIGURA 6).

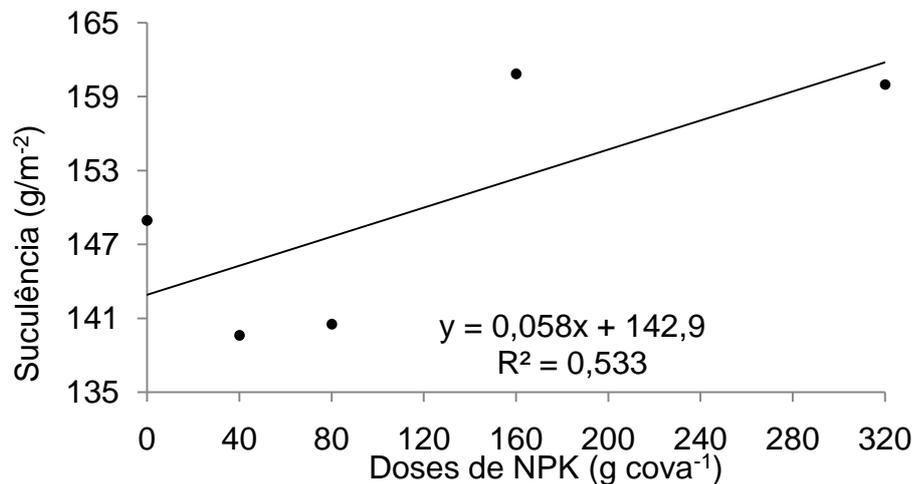


FIGURA 6. Efeito da adubação de plantio com NPK 04-14-08 em relação a suculência (SUC) em *I. laurina* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

1.1.3.4 *Mouriri guianensis*

1.1.3.4.1 Índice de Sobrevivência

A espécie *M. guianensis*, apresentou alto índice de sobrevivência em campo após um ano do plantio, com todos os tratamentos apresentando 100% de sobrevivência, com exceção das plantas cultivadas em solo argiloso/160 g cova⁻¹ de NPK, para as quais, 83,33% de sobrevivência foi registrado (TABELA 11).

TABELA 11. Índice de sobrevivência de *Mouriri guianensis*, três meses e um ano após o plantio em área de revegetação de base de poço de petróleo.

Tratamento	Índice de Sobrevivência (%)	
	3 meses	1 ano
Arenoso/ 0 g	100,00	100,00
Arenoso/ 40 g	100,00	100,00
Arenoso/ 80 g	100,00	100,00
Arenoso/ 160 g	100,00	100,00
Arenoso/ 360 g	100,00	100,00
Argiloso/ 0 g	100,00	100,00
Argiloso/ 40 g	100,00	100,00
Argiloso/ 80 g	100,00	100,00
Argiloso/ 160 g	100,00	83,33
Argiloso/ 320 g	100,00	100,00

1.1.3.4.2 Crescimento das Plantas

As variáveis AP, DC e NF não apresentaram diferença estatística em relação aos dois tipos de solo (TABELA 12). No entanto, foram observadas respostas significativas ao analisar o tratamento adubação separadamente para a variável número de folhas (APÊNDICE 1). Não ocorreram diferenças significativas para interação entre os tratamentos solo e adubação.

TABELA 12. Valores médios de altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas, seis meses após o plantio, de *Mouriri guianensis* em relação ao tipo de solo em área de base de poço de petróleo.

Variáveis	Altura da Planta (cm)		Diâmetro do Coleto (mm)		Número de folhas	
	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso
Média	34,08 a	33,25 a	7,25 a	6,92 a	37,85 a	33,79 a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As doses de adubação interferiram significativamente no número de folhas das plantas, o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático (FIGURA 7). O coeficiente de determinação foi 0,6755. O ponto de máxima foi alcançado na dose de 189,83 g cova⁻¹ de NPK, apresentando em média 40,92 folhas por planta nessa dosagem.

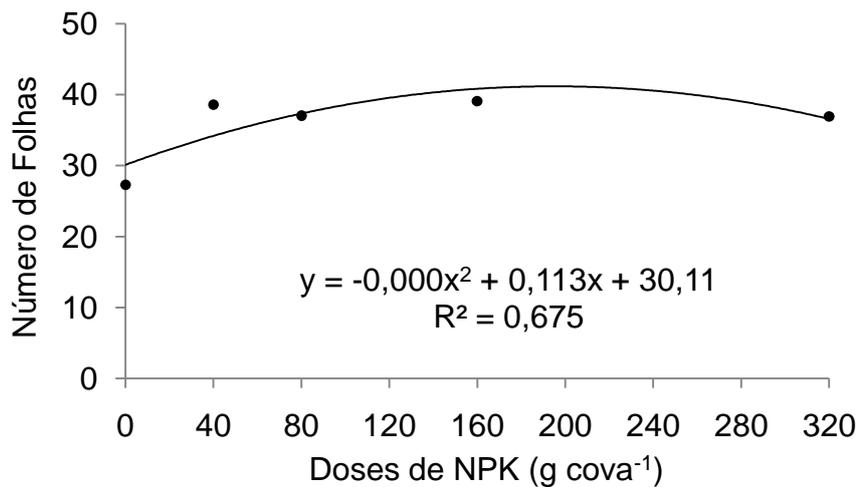


FIGURA 7. Efeito da adubação de plantio com NPK 04-14-08 sobre número de folhas de *Mouriri guianensis*, seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo.

1.1.3.4.3 Atributos Foliares

Em *M. guianensis*, as variáveis ESP e SUC foliar, não apresentaram diferença significativa para o fator solo, nas duas variáveis ocorreu significância estatística para o fator adubação e também para a interação dos fatores solo e adubação. A MFA e o IE não apresentaram diferença significativa para os tratamentos testados (APÊNDICE 2) (TABELA 13).

TABELA 13. Valores médios do fator solo para massa foliar por área foliar (MFA) e índice de esclerofilia (IE) em *M. guianensis* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Variável	Médias de cada solo	
	Arenoso	Argiloso
MFA (g/m ²)	152,87 a	158,17 a
IE (g/mm ²)	0,54 a	0,56 a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, n=8 para cada tratamento.

Analisando o desdobramento da interação para a ESP foliar, a espécie *M. guianensis*, apresentou diferentes respostas quando comparado o fator solo dentro de cada nível de adubação (TABELA 14). As plantas que receberam doses de 40 e 320 g cova⁻¹ de NPK, apresentaram maior espessura foliar no solo arenoso. Entretanto, as plantas que receberam 80 g cova⁻¹ de NPK, apresentaram maior espessura foliar no solo argiloso. Nas doses 0 e 160 g cova⁻¹ de NPK, a espessura

foliar das plantas nos dois tipos de solo foram estatisticamente iguais. Analisando o fator adubação dentro de cada tipo de solo, somente os dados do solo arenoso apresentaram ajuste de regressão. Foi observado um ajuste quadrático, com coeficiente de determinação de 0,9950. O ponto de mínima foi alcançado na dose de 100 g cova⁻¹ de NPK, indicando a ocorrência de uma redução significativa da espessura foliar nesta dosagem de NPK (FIGURA 8 A).

TABELA 14. Análise do fator solo dentro de cada nível de adubação considerando os valores médios de espessura (ESP) e suculência (SUC) em *M. guianensis* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Adubação (g cova ⁻¹)	ESP (mm ²)		SUC (g/m ²)	
	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso
0	0,38 a	0,39 a	272,51 a	288,98 a
40	0,37 a	0,34 b	275,61 a	254,45 b
80	0,37 b	0,41 a	280,86 b	313,41 a
160	0,37 a	0,37 a	316,99 a	271,47 b
320	0,40 a	0,38 b	322,52 a	286,75 b
Média	0,38	0,38	293,7	283,01

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, n=8 para cada tratamento.

Analisando o desdobramento da interação para a SUC foliar, em relação ao fator solo dentro de cada nível de adubação, as plantas cultivadas nas doses de 40, 160 e 320 g cova⁻¹ de NPK apresentaram maior SUC em solo arenoso. Porém, as plantas que receberam 80 g cova⁻¹ de NPK apresentaram maior SUC em solo argiloso. Por conseguinte, as espécies que não receberam adubação de plantio (0 g cova⁻¹), a SUC não diferiu entre os dois tipos de solos (TABELA 14). Analisando o fator adubação dentro de cada tipo de solo, o modelo ajustado foi o linear crescente, com coeficiente de determinação igual a 0,8468 para o solo arenoso (FIGURA 8 B). Também ocorreu um aumento da SUC com o aumento das doses de NPK. Para o solo argiloso, os dados não se ajustaram a nenhum modelo de regressão.

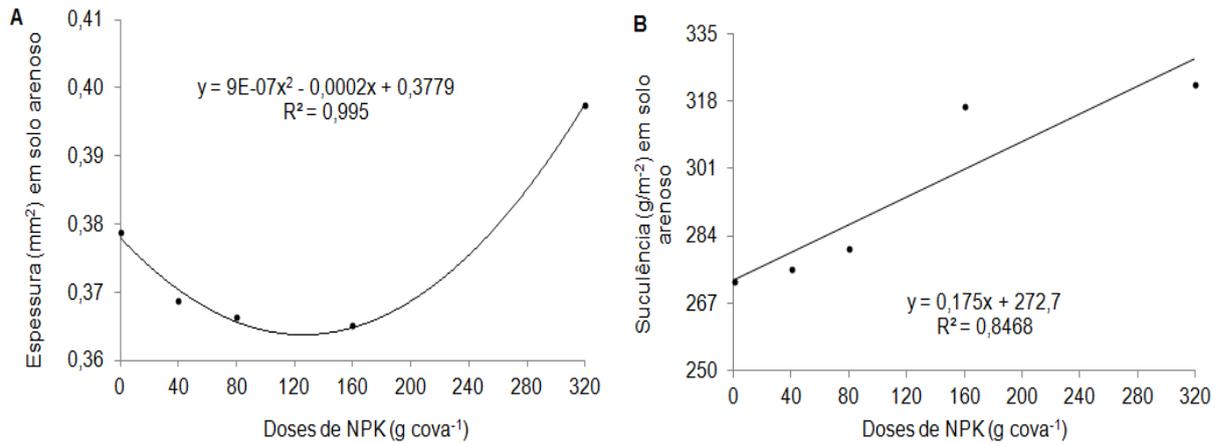


FIGURA 8. Análise do fator adubação dentro do solo arenoso, para espessura foliar (ESP) e suculência (SUC), em *M. guianensis* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

1.1.3.5 *Garcinia brasiliensis*

1.1.3.5.1 Índice de Sobrevivência

O índice de sobrevivência obtido para a espécie *G. brasiliensis* em campo um ano após o plantio, foi médio no tratamento argiloso/ 160 g, apresentando 50% de sobrevivência, seguido por 75% no tratamento argiloso/ 320 g, 83,33% em arenoso/ 320 g, argiloso/ 40 g e argiloso/ 80 g, e alta nos demais tratamentos variando de 91,67% a 100% para o tratamento arenoso/ 160 g (TABELA 15).

TABELA 15. Índice de sobrevivência de *Garcinia brasiliensis*, três meses e um ano após o plantio em área de revegetação de base de poço de petróleo.

Tratamento	Índice de Sobrevivência (%)	
	3 meses	1 ano
Arenoso/ 0 g	100,00	91,67
Arenoso/ 40 g	100,00	91,67
Arenoso/ 80 g	100,00	91,67
Arenoso/ 160 g	100,00	100,00
Arenoso/ 360 g	100,00	83,33
Argiloso/ 0 g	100,00	91,67
Argiloso/ 40 g	100,00	83,33
Argiloso/ 80 g	100,00	83,33
Argiloso/ 160 g	100,00	50,00
Argiloso/ 320 g	100,00	75,00

1.1.3.5.2 Crescimento das Plantas

As plantas de *G. brasiliensis* não apresentaram diferença significativa entre os dois tipos de solos para as variáveis de crescimento (TABELA 16). Mas, a variável NF apresentou diferença significativa no tratamento adubação (APÊNDICE 1). Não foi observado interação significativa entre os tratamentos solo e adubação para nenhuma variável (AP, DC e NF).

TABELA 16. Valores médios de altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas, seis meses após o plantio, de *Garcinia brasiliensis* em relação ao tipo de solo, em área de base de poço de petróleo.

Variáveis	Altura da Planta (cm)		Diâmetro do Coleto (mm)		Número de folhas	
	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso
Média	10,53 a	10,29 a	4,19 a	4,17 a	10,37 a	9,88 a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O modelo de regressão linear decrescente foi o que melhor se ajustou aos dados para o número de folhas, indicando que a espécie *G. brasiliensis* produz em maior quantidade, nas menores concentrações de NPK (FIGURA 9).

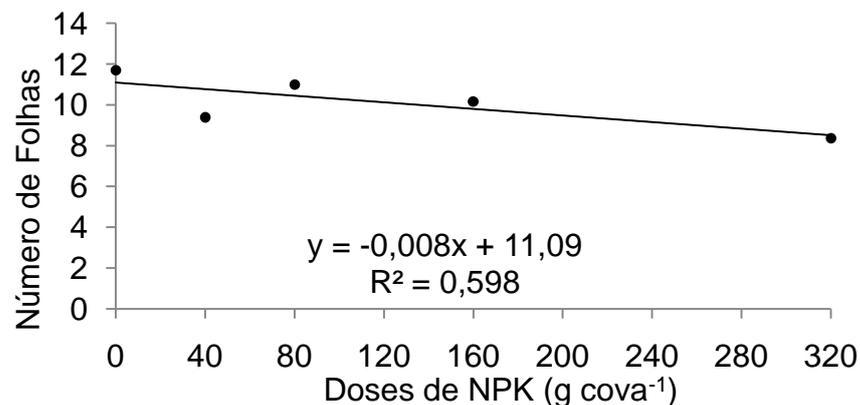


FIGURA 9. Efeito da adubação de plantio com NPK 04-14-08 sobre número de folhas de *Garcinia brasiliensis*, seis meses após o plantio, em área base de poço de petróleo.

1.1.3.5.3 Atributos Foliares

Em *G. brasiliensis*, todas as variáveis (ESP, SUC, MFA e o IE), apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Para ESP e SUC, a diferença ocorre em nos fatores solo e adubação separadamente e também na

interação entre os fatores solo e adubação. Nas variáveis MFA e IE, também ocorreu diferença para o fator solo, mas a adubação não apresentou significância, já a interação dos fatores solo e adubação também foi significativa (APÊNDICE 2).

O desdobramento da interação para a ESP foliar, do solo dentro de cada nível de adubação, revela que as plantas que receberam 0, 40 e 160 g cova⁻¹ de NPK, apresentaram maior espessura foliar no solo arenoso. A dose de 320 g cova⁻¹ proporcionou um aumento da ESP foliar para as plantas do solo argiloso. No entanto, não houve diferença entre as plantas que receberam 80 g cova⁻¹ de NPK entre os dois tipos de solos (FIGURA 10 A). Analisando o fator adubação dentro de cada tipo solo, foi observado um ajuste linear decrescente para o solo arenoso, com coeficiente de determinação de 0,5042. Por outro lado, para o solo argiloso, o ajuste foi linear crescente, com coeficiente de determinação de 0,5294 (Figura 10 A). Esses resultados indicam que nas doses mais altas de NPK, ocorreu uma redução da espessura foliar para as plantas cultivadas em solo arenoso, bem como um aumento da ESP para plantas cultivadas em solo argiloso.

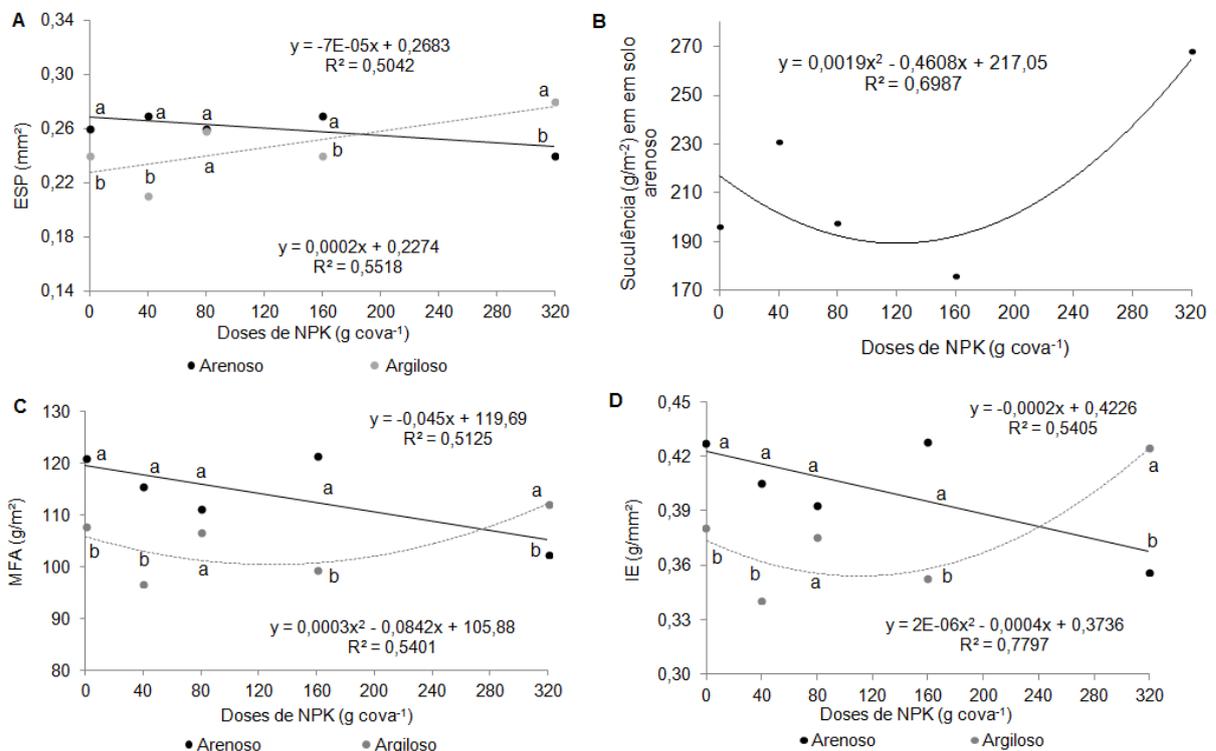


FIGURA 10. Desdobramento da interação entre os fatores solo (representado por letras minúsculas (letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%)) e adubação (representado por regressão) sobre a espessura foliar (ESP), suculência (SUC), massa foliar por área foliar (MFA) e índice de esclerofilia (IE) de *G. brasiliensis*, seis meses após o plantio em área base de poço de petróleo.

Analisando o desdobramento da interação para a SUC foliar, em relação ao fator solo dentro de cada dose de adubação, as plantas que receberam 40 e 320 g cova⁻¹ de NPK, apresentaram maior SUC no solo arenoso. As plantas que receberam 0, 80 e 160 g cova⁻¹ não apresentaram diferença entre os dois tipos de solos (TABELA 17). Analisando o fator adubação dentro de cada tipo de solo, o modelo que se ajustou para o solo arenoso foi o quadrático, com coeficiente de determinação de 0,6987. A menor SUC ocorreu nas plantas que receberam 121,26 g cova⁻¹ de NPK. Após essa dosagem, houve um aumento da SUC (FIGURA 10 B). Não ocorreu ajuste da regressão para o solo argiloso.

TABELA 17. Análise do fator solo dentro de cada nível de adubação considerando os valores médios de suculência (SUC) em *G. brasiliensis* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Adubação (g cova ⁻¹)	SUC (g/m ²)	
	Arenoso	Argiloso
0	196,05 a	185,08 a
40	230,80 a	164,89 b
80	197,41 a	189,39 a
160	175,67 a	189,11 a
320	268,37 a	194,92 b
Média	213,66	184,68

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, n=8 para cada tratamento.

Em relação a variável MFA, analisando o fator solo dentro de cada nível de adubação, as plantas cultivadas com 0, 40 e 160 g cova⁻¹ de NPK apresentaram maior MFA no solo arenoso. As plantas do solo argiloso apresentaram maior MFA quando foi aplicado 320 g cova⁻¹ de NPK. Por outro lado, na dose de 80 g cova⁻¹, não ocorreu diferença entre os tipos de solos (FIGURA 10 C). Na interação da adubação dentro de cada solo, ocorreu ajuste linear decrescente para o solo arenoso (R^2 0,5125) e quadrático para o argiloso (R^2 0,5401). O solo arenoso provocou uma redução da MFA com o aumento das doses de NPK (FIGURA 10 C). No solo argiloso, essa redução foi provocada nas plantas que receberam 140,33 g cova⁻¹, após, ocorreu um aumento da MFA nas doses mais elevadas de NPK (FIGURA 10 C).

Em relação ao IE, analisando o fator solo dentro de cada nível de adubação, as plantas que receberam as doses de 0, 40 e 160 g cova⁻¹, apresentaram maior IE

no solo arenoso. As plantas que receberam 320 g cova⁻¹ de NPK apresentaram maior IE no solo argiloso. No entanto, as que receberam 80 g cova⁻¹ não diferiram entre os dois solos (FIGURA 10 D). Analisando o fator adubação dentro de cada solo, para o solo arenoso, ocorreu um ajuste linear decrescente com coeficiente de determinação de 0,5405 (FIGURA 10 D), indicando uma diminuição no IE com o aumento das doses de NPK. No solo argiloso, um ajuste polinomial quadrático com R² 0,7797 foi obtido, ocorrendo uma redução significativa do IE das plantas que receberam 80,50 g cova⁻¹ (FIGURA 10 D).

1.1.4 Discussão

1.1.4.1 *Schinus terebinthifolius* Raddi

A espécie *S. terebinthifolius* apresenta grande resistência a diversas condições ambientais, podendo ter um bom crescimento até em solos pobres e secos (OLIVEIRA et al., 2008). Este fato explica o alto índice de sobrevivência observado para a espécie, todas as mudas plantadas conseguiram se estabelecer sobre a área degradada. Segundo Nunes et al. (2015) as espécies consideradas pioneiras, de crescimento rápido e de pouca exigência de solo, que é o caso da *S. terebinthifolius* Raddi demonstram maior aptidão a locais degradados.

Muito embora o crescimento das plantas não tenha apresentado diferença significativa entre os dois solos avaliados, notou-se o alto crescimento que a espécie apresentou nos dois tipos de solo (TABELA 3). Os vários autores citados a seguir também destacaram o alto crescimento que a espécie apresentou em diferentes ambientes degradados (SOUZA et al., 2001; RESENDE et al., 2015; SCHEER et al., 2017; SILVA et al., 2019). Segundo Saueressig (2014) e Chiamolera et al. (2011) provavelmente, esse crescimento acelerado pode estar relacionado ao fato, desta ser uma espécie pioneira com alta plasticidade fenotípica, ocorrendo em diferentes formações fitogeográficas. Essas afirmações podem explicar a adaptabilidade que a espécie adquiriu no decurso da evolução, desenvolvendo estratégias de adaptação para gerenciar as mudanças de condições ambientais, particularmente com os recursos disponíveis, conseguindo crescer em diversificados ambientes (LOKHANDE e SUPRASANNA, 2012).

A espécie *Schinus terebinthifolius* Raddi expressou de forma significativa um bom crescimento quando submetida às doses mais elevadas de NPK. Foi notória a redução de todas as variáveis de crescimento quando as plantas não receberam adubação no plantio (FIGURA 1). Alguns autores também encontraram alto crescimento para *S. terebinthifolius* quando submetidas à fertilização com NPK (SOUSA et al., 2006; SOUZA et al., 2006; CROCE et al., 2007; SCHEER et al., 2017). Dessa forma, foi possível afirmar que essa é uma espécie responsiva a adubação com NPK. Segundo Silva et al. (2018), a adubação é de extrema importância na fase inicial do crescimento de espécies nativas.

Analisando os atributos foliares ocorreu um aumento da ESP foliar com o aumento das doses de adubação, que pode estar relacionado com a eficiência no uso do NPK pela espécie (SILVA et al., 2018). Por se tratar de uma espécie pioneira, que possui folhas de curta duração, a espécie investe em folhas menos protegidas e com maior concentração de nutrientes (COLEY, 1983; POORTER e BONGERS, 2006). Segundo Coley (1983), as folhas das pioneiras apresentam maior concentração de nitrogênio. Dessa forma, quanto mais nutrientes tinham disponíveis no solo, maior foi a eficiência na utilização pela espécie, o que proporcionou no aumento de massa seca da folha, que necessariamente influenciou no aumento da espessura foliar, nas maiores concentrações de NPK. Segundo Lacher (2000), há uma relação entre o aumento de matéria seca e assimilação de carbono e nitrogênio pelas plantas, o carbono que não é utilizado pela respiração pode aumentar a matéria seca e também ser utilizado para reserva ou crescimento das plantas, como foi observado em *S. terebinthifolius*. Segundo Furtini Neto et al., (2000), as espécies pioneiras apresentam maior capacidade de absorção de nutrientes comparativamente aos outros estádios sucessionais. Tendo em vista o alto crescimento que a espécie apresentou, foi notório o alto investimento em crescimento que a espécie fez de grande parte dos nutrientes absorvidos.

1.1.4.2 *Chrysobalanus icaco*

O índice de sobrevivência de plantas em áreas degradadas tem ligação direta com a fisiologia da espécie, assim como as interações bióticas (NUNES et al., 2015). A maior mortalidade das plantas no tratamento solo argiloso/ 320 g (TABELA 6), pode ser explicada pela maior capacidade de retenção de nutrientes que o solo

argiloso apresenta comparativamente ao arenoso, o que pode ter ocasionado inibição do crescimento por salinidade maior que a capacidade de absorção dessa espécie (CENTENO et al., 2017). Silva e Corrêa (2008), utilizando adubação com NPK para recuperação de áreas mineradas, também registraram baixa sobrevivência em *Kielmeyera lathrophytum* apenas 6,7%, indicando a fertilização como provável causa das mortes.

É importante ressaltar que durante o desenvolvimento das mudas, foram realizadas, também, adubação de cobertura com o NPK 20-00-20. Essas adubações também podem ter contribuído para o baixo índice de sobrevivência observado para a espécie *C. icaco*, considerada pouco exigente em nutrientes (BASTOS, 1995).

A espécie *C. icaco* apresentou sensibilidade ao aumento das doses de NPK 04-14-08. É uma espécie adaptada a ambientes com baixa fertilidade e quando submetida a altas concentrações de nutrientes na solução do solo, reflete baixo desenvolvimento. A escassez ou excesso de nutrientes são prejudiciais ao desenvolvimento das plantas, caracterizando deficiências ou toxidez, respectivamente, sendo esses limites característicos de cada espécie (MALAVOLTA, 1980).

O solo arenoso apresenta grande lixiviação de cátions, como o Na, K, Ca e Mg ao longo do perfil do solo (BARBOSA et al., 2006; WERLE et al., 2008; CENTENO et al., 2017). Neste estudo, a maior lixiviação de cátions pode ter resultado em menor absorção de nutrientes essenciais, o que, para essa espécie, representou um fator positivo quando cultivada sob doses mais elevadas de NPK, visto que o índice de sobrevivência foi ainda menor quando as plantas foram cultivadas em solo argiloso, em comparação ao solo arenoso.

Segundo Bastos (1995), *C. icaco* é uma espécie que apresenta facilidade de adaptação, por não exigir altas concentrações de nutriente do solo para seu desenvolvimento. É encontrada bem próxima ao mar sobre as dunas, em restinga aberta e manguezal, em forma de arbustos, sendo considerada uma espécie pioneira (SILVA e MENEZES, 2012).

A altura da planta, diâmetro do caule e número de folhas tiveram um efeito negativo quando aplicadas doses mais altas de NPK no plantio, ocorrendo uma redução perceptível de todas as variáveis. O *C. icaco* foi uma espécie que visivelmente não respondeu bem ao aumento da adubação química, considerando que o melhor desenvolvimento ocorreu entre as plantas que receberam as menores

doses de adubação de plantio. A dose de 320 g cova⁻¹ de NPK proporcionou o menor crescimento da espécie. Esses resultados se confirmam ao se analisar o índice de sobrevivência das plantas um ano após o plantio (TABELA 6). A combinação intrínseca entre as concentrações de nutrientes pode expressar o rendimento máximo de uma planta. Todavia, o excesso de nutrientes pode promover um desequilíbrio nutricional, que afetará a concentração e/ou absorção de outros nutrientes (FERNANDES et al., 2003).

Em relação aos atributos foliares, a MFA das plantas foi reduzida decorrente do aumento da adubação de plantio (FIGURA 4 A). Segundo De La Riva et al. (2016), plantas que apresentam valores mais baixos de MFA crescem em ambientes com maior concentração de nutrientes e as que apresentam uma elevação nessa variável são observadas em ambientes mais pobres em nutrientes.

O aumento nos valores de MFA encontrados no solo arenoso para *C. icaco*, pode estar ligado a uma estratégia conservativa de uso de recurso, que proporcionam folhas com maior longevidade. Folhas com maior longevidade são extremamente relevantes em ambientes em que ocorre limitação de recursos, e o custo de produzir uma nova folha é alto (WRIGHT et al., 2002).

De acordo com os resultados para o IE, as plantas cultivadas em solos arenosos, que são pobres em nutrientes, apresentaram adaptabilidade à estas condições (TABELA 7). Também foi possível notar que os tratamentos com menores concentrações de nutrientes, fornecidos pela adubação de cobertura, apresentam os maiores IE, ocorreu uma redução no índice com o aumento das doses de adubação (FIGURA 4 B).

1.1.4.3 *Inga laurina*

O índice de sobrevivência dessa espécie foi alto, grande parte dos tratamentos apresentaram 100% de sobrevivência em um ano após o plantio, os menores valores registrados foram de 91,67 % que também são considerados altos (TABELA 8).

O solo argiloso proporcionou um melhor crescimento para essa espécie. Esse resultado pode ser atribuído às condições de fertilidade dos dois solos avaliados. O solo argiloso apresenta condições de fertilidade melhores em relação ao arenoso (DONAGEMMA et al., 2016). As médias de crescimento em altura obtidas no

experimento, seis meses após o plantio, foram de 36,55 e 48,49 cm para os solos arenoso e argiloso, respectivamente (TABELA 9). Esses valores estão dentro da faixa de crescimento encontrados na literatura. Moraes et al. (2013), destacam que a *I. laurina* é uma espécie não pioneira (secundária inicial), mas possui crescimento rápido entre 30 a 100 cm/ano.

Foi possível observar um efeito similar ao que ocorreu com o *C. icaco*, que teve o número de folhas reduzido com o aumento do valor das doses aplicadas de NPK 04-14-08 aplicadas.

Em relação aos atributos foliares, observou-se um aumento da SUC foliar com o aumento das doses de NPK. Segundo Medeiros et al. (2012) o acúmulo de nutrientes no solo, pode provocar a salinização, o que pode ter levado ao ajustamento osmótico nas duas espécies. Silva et al. (2009), também observou um acréscimo em SUC foliar nas plantas de pinhão manso cultivadas sobre estresse salino. Segundo Trindade et al. (2006), a suculência permite a regulação da concentração de sais nos tecidos foliares e depende diretamente da absorção, transporte e acúmulo de íons nos tecidos foliares.

1.1.4.4 *Mouriri guianensis*

O alto índice de sobrevivência inicial e final observado para a espécie pode estar fortemente relacionado com os tratamentos culturais, que foram realizados em todo o experimento, como a irrigação de salvamento realizada durante o período mais crítico para a sobrevivência das mudas, o controle de formiga e, também, as práticas de capina, evitando a proliferação de plantas daninhas. Segundo Nunes et al. (2015), as principais causas de mortalidade de mudas plantadas em áreas degradadas são o estresse hídrico, a competição com plantas daninhas e o ataque de formigas, sendo importante adotar práticas de manejo adequadas para o sucesso do plantio.

Em relação ao crescimento da planta, foi observado que o aumento do número de folhas foi proporcional à adubação até o ponto de máxima. As plantas que não receberam adubação de plantio (0 g cova⁻¹) apresentaram um reduzido NF (27 folhas). As folhas apresentam grande importância para o crescimento das plantas em campo, pois representa maior área fotossinteticamente ativa (MELO et al., 2007). Por outro lado, a redução do número de folhas pode promover a redução

da atividade fotossintética, em alguns casos, afetando o crescimento das plantas (CARVALHO et al., 2006). A restrição nutricional é considerada uma das principais barreiras para o desenvolvimento das plantas (LIMA et al., 2016). A falta de nutrientes pode reduzir seu crescimento e causar alterações em seu metabolismo, em *M. guianensis*, foi visível o efeito dessa restrição nutricional na formação de novas folhas.

Em relação aos atributos foliares, de uma maneira geral, a maior parte das plantas cultivadas em solo arenoso apresentaram maior SUC foliar ou não diferiram do solo argiloso, podendo demonstrar que as espécies adquiriram essa característica evolutiva, conseguindo reserva maior quantidade de água quando estão em ambientes que apresentam uma maior escassez hídrica, e a demanda por água aumenta.

A espessura foliar pode estar intimamente relacionada com a SUC. Ambientes com alta luminosidade e pobres em nutrientes podem promover o aumento da ESP das folhas, como foi observado nas plantas que receberam 320 g cova⁻¹ de NPK em solo arenoso, estas apresentaram maior espessura foliar do que as plantas de solo argiloso (ROSADO e MATTOS, 2007). Mas, Segundo Martins et al. (2009), a redução na espessura foliar pode estar ligada à diferença na distribuição e no consumo de fotoassimilados para a expansão foliar. Segundo Gobbi et al. (2011), outros fatores como o *déficit* hídrico e aumento de temperatura também podem promover o aumento da espessura de folhas.

Em *M. guianensis*, foi observado um comportamento similar a espécie *I. laurina*, ocorreu um aumento da SUC foliar com o aumento das doses de NPK. Esses resultados também podem estar relacionados com a salinização do solo provocado pelo excesso de sais devido ao aumento da adubação. Assim, como forma de proteção ao excesso de sais, as plantas aumentam a SUC e ESP, como ocorreu em *M. guianensis* para promover a regulação da concentração de sais nos tecidos foliares (TRINDADE et al., 2006).

1.1.4.5 *Garcinia brasiliensis*

Em *G. brasiliensis* foi notório o efeito prejudicial da dose de 160 g cova⁻¹ de NPK utilizado no plantio, combinado com o solo argiloso, esse resultado foi obtido no índice de sobrevivência, em que somente 50 % das plantas cultivadas sobre esse

tratamento sobreviveram. De acordo com Oliveira et al. (2015), valores do índice de sobrevivência acima de 60% são considerados excelentes para ambientes que sofreram com algum tipo de degradação. De maneira geral, todos os tratamentos apresentaram um bom índice de sobrevivência, com resalto ao tratamento mencionado.

A *G. brasiliensis* é uma espécie caracterizada como não pioneira, podendo ser considerada secundária tardia (PRADO JUNIOR et al., 2011). As espécies secundárias tardias possuem crescimento lento, podendo formar árvores pequenas ou até de grande porte (DE PAULA et al., 2004). Foi possível observar, que em seis meses após o plantio as plantas atingiram em média 10,53 cm e 10,29 cm em altura para os solos arenoso e argiloso, respectivamente (TABELA 16).

Em função do lento desenvolvimento da espécie, como já foi mencionado, a redução de folhas que ocorreu no tratamento com a dose 320 g cova⁻¹ de NPK é considerável e foi de 23% em relação as plantas que não receberam adubação (0 g cova⁻¹). De acordo com Poorter e Bongers, (2006), espécies secundárias tardias apresentam baixo crescimento de folhas, porém essas possuem longa duração. Segundo os autores, essas espécies investem em folhas bem protegidas e com baixo teor de nutrientes que podem diminuir danos físicos e herbívoros.

Para *G. brasiliensis*, de maneira geral, o plantio em solo arenoso proporcionou a redução da ESP foliar com o aumento das doses. Este fato pode ser explicado pela capacidade de retenção de água e nutrientes de cada tipo de solo estudado (CENTENO et al., 2017). No solo arenoso, por apresentar grande lixiviação, a espécie criou uma estratégia adaptativa as pressões ambientais ao aumentar a ESP foliar nas doses mais baixas de NPK. Todavia, em solo argiloso, ocorreu uma tendência de aumento de espessura foliar com o aumento das doses. Essa tendência de aumentar a ESP foliar com o aumento das doses de NPK, também ocorreu em *M. guianensis*, mas em solo arenoso. Segundo Amorim e Melo Júnior (2017), o aumento da espessura foliar é uma das características estruturais de espécies que ocupam regiões litorâneas, que contribui para a manutenção do balanço hídrico das plantas.

A ESP foliar é uma característica adaptativa que varia em função das condições em que as folhas das plantas estão submetidas, e também com o potencial hídrico das plantas, ou seja, uma maior espessura foliar pode garantir maior armazenamento de água, evitando grandes variações no potencial hídrico da

planta (ROSSATTO e KOLB, 2013; GRATANI, 2014; TAIZ et al., 2017). Isso explica a resposta em que a espécie apresentou. Quando submetidas à baixa fertilização e ao solo com baixa retenção de água a *G. brasiliensis* aumentou a espessura foliar para equilíbrio do potencial hídrico. As doses mais altas de adubação utilizadas sob o solo argiloso provocou a salinização do solo, que também levam a respostas de aumento de ESP foliar como estratégia da planta para evitar a inibição do crescimento e da fotossíntese (TAIZ et al., 2017).

O aumento da suculência foliar pode demonstrar uma estratégia da espécie em manter a hidratação na folha através do armazenamento de água, o que protege a planta contra o murchamento repentino e de uma contração celular (CAMPELO et al., 2018). Segundo Godoy e Gianoli, (2013), a suculência pode ser considerada como uma característica evolutiva a ambientes estressantes. Ainda segundo os autores, a suculência permite o armazenamento de água para uso quando a disponibilidade diminui e a demanda pela planta aumenta.

A MFA indica a quantidade de massa seca que a planta investe para produzir uma unidade de área foliar para a captura de luz. É um atributo que reflete o custo de construção da folha baseado em carbono (DYER et al., 2001).

De acordo com Boeger e Wisniewski, (2003) e Gonçalves-Alvim et al. (2016), o índice de esclerofilia pode ser considerado como uma resposta adaptativa das plantas aos solos com baixa retenção de água e pobres em nutrientes, especialmente nitrogênio, fósforo e potássio. Plantas esclerófilas podem apresentar folhas resistentes à herbívoros, baixa fertilidade do solo e com estruturas que reduzem ou tolera a perda de água (SEREDA et al., 2016).

1.1.5 Conclusão

O índice de sobrevivência foi alto em *S. terebinthifolius* Raddi, *I. laurina* e *M. guianensis*. Para a espécie *C. icaco* foi baixo quando se aplicou 320 g cova⁻¹. Os melhores resultados são representados pelos tratamentos que não receberam adubação ou quando se aplicou doses mais baixas. A espécie *G. brasiliensis* também apresentou uma redução no índice de sobrevivência na dose de 160g cova⁻¹.

O crescimento das espécies *S. terebinthifolius* Raddi, *C. icaco*, *M. guianensis* e *G. brasiliensis*, não sofreram influência em relação ao tipo de solo. Em *I. laurina*, as plantas que foram cultivadas em solo do tipo argiloso foram as que apresentaram melhor crescimento.

Para adubação de plantio com NPK 04-14-08 em área de base de poço, deve-se seguir as peculiaridades de cada espécie, não sendo possível o uso de uma mesma dose de adubação para todas. Recomenda-se a aplicação de 219,27 a 227,25 g cova⁻¹ para *S. terebinthifolius* Raddi, para *M. guianensis* é indicado o uso da dose de 189,83 g cova⁻¹. Para as espécies *C. icaco*, *I. laurina* e *G. brasiliensis* as plantas se desenvolveram melhor quando não receberam adubação de plantio.

De maneira geral os atributos foliares mostraram uma resposta adaptativa das plantas em relação às condições de estresse ambiental as quais foram submetidas, mostrando ser um método preciso para avaliar o comportamento das espécies estudadas.

1.1.6 Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

AMORIM, M. W.; MELO JÚNIOR, J. C. F. Plasticidade morfoanatômica foliar de *Tibouchina clavata* (Melastomataceae) ocorrente em duas formações de restinga. **Rodriguésia**, v.68, n.2, p.545-555, 2017. DOI: 10.1590/2175-7860201768217

BARBOSA, L. M.; RESENDE, R. U.; DUARTE, R. M. R.; BUENO, M. S. G.; BARBOSA, K. C.; CASAGRANDE, J. C.; GOMES, E. P. C.; SANTOS JUNIOR, N. A.; SANTOS, M. R. O.; ASPERTI, L. M.; MANDETTA, E. C. N.; SOUZA JUNIOR, C. N.; BERNARDO, V. Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista. São Paulo: **Instituto de Botânica**, 128p. 2006. Disponível em: <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-para-recuperacao-de-areas-degradadas-em-matas-ciliares-do-estado-de-sao-paulo.pdf>. Acesso em: 05 de fev. 2020.

BASTOS, M. N. C. A importância das formações vegetais da restinga e do manguezal para as comunidades pesqueiras. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.11, n.1, p.41-56. 1995. Disponível em: <http://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/568>. Acesso em: 14 de fev. 2020.

BOAVENTURA, K. J.; CUNHA, E. L.; SILVA, S. D. Recuperação de áreas degradadas no Brasil: conceito, história e perspectivas. **Tecnia**, v.4, n.1, 2019. Disponível em: <http://revistas.ifg.edu.br/tecnia/article/view/283/116>. Acesso em: 12 de fev. 2020.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de floresta ombrófila densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.1, p.61-72, 2003. DOI: 10.1590/S0100-84042003000100007

CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; BEZZERA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, C. H. C. Características morfofisiológicas foliares e estado nutricional de seis espécies lenhosas em função da disponibilidade de água no solo. **Ciência Florestal**, v.28, n.3, p.924-936, 2018. DOI: 10.5902/1980509832581

CARVALHO, N. O. S.; PELACANI, C. R.; RODRIGUES, M. O. S.; CREPALDI, I, C. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.351-357, 2006. DOI: 10.1590/S0100-67622006000300005

CENTENO, L. N.; GUEVARA, M.D.F.; CECCONELLO, S.T.; SOUSA, R.O.D.; TIMM, L.C. Textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira**

de **Engenharia e Sustentabilidade**, v. 4, n.1, p.31-37, 2017. DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.15210/RBES.V4I1.11576](http://dx.doi.org/10.15210/RBES.V4I1.11576)

CHIAMOLERA, L. B.; ANGELO, A. C.; BOEGER, M. R. Crescimento e sobrevivência de quatro espécies florestais nativas plantadas em áreas com diferentes estágios de sucessão no reservatório Iraí- PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 765-778, 2011. DOI: 10.5380/ufv41i4.25341

COLEY, P. D. Herbivory and defensive characteristics of tree species in a low land tropical forest. **Ecological Monographs**. v.53, n.2, p.209-233, 1983. DOI: 10.2307/1942495

CROCE, C. G. G.; CARMO, M. C; CÂMARA, F. L. A. Desenvolvimento inicial e poder calorífico de duas espécies arbóreas nativas e pioneiras sob tratamentos convencional, orgânico e biodinâmico. **Energia na Agricultura**, v. 22, p. 10-24, 2007.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; GUERRERO, C. R. A. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de sete-cascas (*Samanea inopinata* (Harms) Ducke). **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.537-546, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000400006>.

DE LA RIVA, E. G.; OLMO, M.; POORTER, H.; UBERA, J. L.; VILLAR, R. Leaf mass per area (LMA) and its relationship with leaf structure and anatomy in 34 mediterranean woody species along a water availability gradient. **Plos One**, v.11, n.2, p.1-18, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148788>

DE PAULA, A.; SILVA, A. F.; MARCO JÚNIOR, P.; SANTOS, F. A. M.; SOUZA, A. L. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.18, n.3, p.407-423, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000300002>

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L.; BALIEIRO, F. C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SANTOS, F. C.; ALBUQUERQUE, M. R.; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Characterization, agricultural potential, and perspectives for the management of light soils in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p.1003-1020, 2016. DOI:10.1590/S0100-204X2016000900001

DYER, L. A.; DODSON, C. D.; BEIHOFFER, J.; LETORNEAU, D. K. Trade-offs in Antiherbivore Defenses in *Piper cenocladum*: Ant Mutualists Versus Plant Secondary Metabolites. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, p.581-592, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1010345123670>

FERNANDES, A.R.; CARVALHO, J. G.; MELO, P.C. Efeito do fósforo e do zinco sobre o crescimento de mudas do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum).

Cerne, v.9, n.2, p.221-230, 2003. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74409209.pdf>. Acesso em: 06 de mar. 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FREITAS, R. N.; SANTOS FILHO, F. S.; VIEIRA, I. R. Lianas da restinga da Ilha Grande de Santa Isabel, Piauí, Brasil. **Revista Equador**, v. 7, n. 2, p.110-125, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/7385>. Acesso em: 09 de mar. 2020.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: relatório técnico, período de 2017-2018**. São Paulo, 2019. Disponível em: https://www.sosma.org.br/wp-content/uploads/2019/05/Atlas-mata-atlantica_17-18.pdf. Acesso em: 10 de fev. 2020.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilização em reorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba, IPEF, 2000. p.351-383.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; GARCEZ NETO, A. F.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700006>.

GODOY, O.; GIANOLI, E. Functional variation of leaf succulence in a cold rainforest epiphyte. **Plant Ecology and Evolution**, v.146, n.1, p.167-172, 2013. <http://dx.doi.org/10.5091/plecevo.2013.800>

GONÇALVES-ALVIM, S. J.; KORNDORF, G.; FERNANDES, G.W.; Sclerophylly in *Qualea parviflora* (Vochysiaceae): influence of herbivory, mineral nutrients, and water status. **Plant Ecology**, v.187, p.153-162, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-004-3286-9>

GRATANI, L. Plant Phenotypic Plasticity in Response to Environmental Factors. **Advances in Botany**, v.2014, p.1-17, 2014. DOI: [10.1155/2014/208747](https://doi.org/10.1155/2014/208747)

HOLZER, W.; CRICHYNO, J.; PIRES, A. C. Sustentabilidade da urbanização em áreas de restinga: uma proposta de avaliação pós-ocupação. **Paisagem Ambiente**, n.19, p. 49-66, 2004. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i19p49-65>

KANASHIRO, M. M.; MIRANDA, R. N. Direito de Energia e Meio Ambiente: exploração do petróleo e gás sob a ótica dos impactos ambientais e aspectos jurídicos. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 3, n. 2, p.62-84, 2016. Disponível em: <https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/IC/article/view/241/397>

KLUGE, M.; TING, I. P. **Crassulacean Acid Metabolism: Analysis of an Ecological Adaptation**. Berlin:Springer-Verlag, 1978. 212p.

LACHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Editora Rima, São Carlos, 2000. 532p.

LIMA, P. A.; GATTO, A.; DE ALBURQUERQUE, L. B.; MALAUIAS, J. V.; AQUINO, F. G. Crescimento de mudas de espécies nativas na restauração ecológica de matas ripárias. **Neotropical Biology and Conservation**, v.11, n.2, p.72-79, 2016. DOI: 10.4013/nbc.2016.112.03

LOKHANDE, V. H.; SUPRASANNA, P. Prospects of Halophytes in Understanding and Managing Abiotic Stress Tolerance In: AHMAD, P.PRASAD, M. N. V. **Environmental Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change**. Springer-Verlag New York,2012, p.29-56

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MARTINS, J. R.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; SILVA, A. P. O.; OLIVEIRA, C.; ALVES, E. Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, v.39, n.1, p.82-97, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008005000040>.

MARTINS, S. S. S.; SILVA, M. P.; AZEVEDO, M. O.; SILVA, V. P. Produções de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. **Holos**, v. 6, p. 54-76, 2015. DOI: 10.15628/holos.2015.2201

MEDEIROS, P. R. F.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n.1, p.51-55, 2012.DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000100007>

MELO, A. M.; COSTA, C. X.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA JÚNIOR, C. D. Produção de mudas de mamoeiro em diferentes substratos e doses de fósforo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.4, p.257-261, 2007.DOI: 10.5039/agraria.v2i4a1838

MORAES, L. F. D.; ASSUMPÇÃO, J. M.; PEREIRA, T. S.; LUCHIARI, C. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no estado do Rio de Janeiro**. Rio De Janeiro: Jardim Botânico Do Rio De Janeiro, 2013. 84p.

MOREIRA, F. T. A.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, L. R. C.; CASTRO, M. R. C. Adubos orgânicos e biocarvão utilizados para reflorestamento com espécies nativas e clones de *Eucalyptus* no semiárido brasileiro. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, v.16, n.1, p. 91-102, 2019. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/2492/482483124>. Acesso em: 12 de abr. 2020.

NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, N. C. A.; VELOSO, M. D. M.; GONZAGA, A. P. D.; DOMINGUES, E. B. S.; ALMEIDA, H. S.; CASTRO, G. C.; SANTOS, R. M. Sobrevivência e crescimento de sete espécies arbóreas nativas em uma área degradada de floresta estacional decidual, norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.39, n.5, p. 801-810, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500003>.

OLIVEIRA, L. S.; BONA, C.; SANTOS, G. O.; KOEHLER, H. S. Crescimento de *Schinus terebinthifolius raddi* (anacardiaceae) em solo contaminado com petróleo. **Acta ambiental catarinense**, v.5, n.1, p.21-33, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v5i1/2.223>

OLIVEIRA, M. C.; PASSOS, F. B.; RIBEIRO, J. F.; AQUINO, F. G.; OLIVEIRA, F. F.; SOUSA, S. R. Crescimento de espécies nativas em um plantio de recuperação de Cerrado sentido restrito no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.13, n.1, p. 25-32, 2015. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/2932>. Acesso em: 12 de mar. 2020.

POORTER, L.; BONGERS, F. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. **Ecology**, v.87, n.7, p.1733-1743, 2006. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20069130>

PRADO JÚNIOR, J. A.; LOPES, S. F.; VALE, V. S.; OLIVEIRA, A. P.; GUSSON, A. E.; DIAS NETO, O. C.; SCHIAVINI, A. Estrutura e caracterização sucessional da comunidade arbórea de um remanescente de floresta estacional semidecidual, Uberlândia, MG. **Caminhos de Geografia**, v.12, n.39, p.81-93, 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16329>. Acesso em: 12 de fev. 2020.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997. 747p.

RESENDE, L. A.; PINTO, L. V. A.; SANTOS, E. C.; SILVA, S. Crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas em diferentes modelos de plantio na recuperação de área degradada por disposição de resíduos sólidos urbanos. **Revista Árvore**, v.39, n.1, p.147-157, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000100014>.

CONAMA. Resolução nº369 de 28 de março de 2006. **Publicada no DOU nº 61, de 29 de março de 2006, Seção 1, p. 150 – 151.** Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>

ROSADO, B. H. P.; MATTOS, E. A. Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v.21, n.3, p. 741-752, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000300020>.

ROSSATTO, D.; KOLB, R. Leaf anatomical traits are correlated with tree dominance in a Neotropical deciduous forest. **New Zealand Journal of Botany**, v.51, n.4, p.242–251, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1080/0028825X.2013.795904>

SAUERESSIG, D. **Plantas do Brasil: árvores nativas**. Irati: Editora Plantas do Brasil, 2014. 432 p.

SEREDA, F.; REISSMANN, C. B.; BOEGER, M. R.; MARQUES, R. Teores foliares e esclerofilia de *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae) e suas relações edáficas no litoral do Estado do Paraná, Brasil. **Hoehnea**, v. 43, n. 4, p. 583-590, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-8906-87/2015>

SILVA, A. A.; NOGUEIRA, D. W. R.; SILVA, K. R.; SANTOS, F.H. S.; LOPES, V.M. Teor de nutrientes e crescimento de mudas de ipê- branco na fase inicial em solução nutritiva. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 4, n.2, p.44-56, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/1699/1016>. Acesso em: 15 de mai de 2020.

SILVA, E. N. DA.; SILVEIRA, J. A. G.; RODRIGUES, C. R. F.; LIMA, C. S. DE.; VIÉGAS, R. A. Contribuição de solutos orgânicos e inorgânicos no ajustamento osmótico de pinhão-mansinho submetido à salinidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.437-445, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2009000500002>

SILVA, L. C.; CORRÊA, R. S. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.731-740, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622008000400015>.

SILVA, M. P. K. L.; ROVEDDER, A. P. M.; HUMMEL, R. B.; PIAIA, B. B.; TOSO, L. D.; FELKER, R. M.; PECCATTI, A.; MATIELLO, J. Desenvolvimento inicial e fenologia em núcleos de restauração no bioma Mata Atlântica, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.1, p.1-7, 2019. DOI:10.5039/agraria.v14i1a5612

SILVA, O. M. C.; SANTANA, L. S.; MACEDO, R. L. G. Influência da adubação mineral no desenvolvimento inicial de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Agrarian Academy**, v.5, n.10, p.112-120, 2018. DOI: 10.18677/Agrarian_Academy_2018B11

SILVA, V. I. S.; MENEZES, C. M. Contribuição para o conhecimento da vegetação de restinga de Massarandupió, Município de Entre Rios, BA, Brasil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v.12, n.2, p.239-251, 2012. DOI: 10.5894/rgci287

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; BRESSAN, O. A.; SANTOS, K. G. Crescimento inicial de quatro espécies florestais nativas em área degradada com diferentes níveis de calagem e de adubação. **Floresta**, v. 47, n. 3, p.279-287, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v47i3.41973>

SOUSA, L.P.; CURCIO, G.R.; DEDECEK, R.A.; WENDLING, I.; LAVORANTI, O. J. Avaliação do crescimento de espécies arbóreas nativas em solo reconstituído e compactado: Rodovia BR-277, Porto Amazonas, PR. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**: Embrapa Floresta, n. 30, 2006, 24p.

SOUZA, C. A. Z.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, v.16, n.3, p-243-249, 2006. DOI: 10.5902/198050981905

SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N.; SILVA, V. F. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Cerne**, v.7, n.2, p.43-52, 2001. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74470205>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858p.

TRINDADE, A. R.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E.; PRISCO, J. T.; BEZZERA, M. A. Influência do acúmulo e distribuição de íons sobre a aclimação de plantas de sorgo e feijão-de-corda, ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.804-810, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000400004>.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2297-2305, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600009>

WRIGHT, I. J.; WESTOBY, M.; REICH, P. B. Convergence towards higher leaf mass per area in dry and nutrient-poor habitats has different consequences for leaf life span. **Journal of Ecology**, v.90, p.534-453, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2002.00689.x>

Apêndice

APÊNDICE 1. Resumo da análise de variância da altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de folhas (NF) de *S. terebinthifolius* Raddi, *C. icaco*, *I. laurina*, *M.*

guyanensis e *G. brasiliensis* seis meses após o plantio, em dois tipos de solo e cinco doses de adubação de plantio com NPK 04-14-08.

	Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio		
			AP (cm)	DC (mm)	NF
<i>S. terebinthifolius</i> Raddi	Bloco	3	170,30 ^{ns}	3,72 ^{ns}	3841,98 ^{ns}
	Solo	1	130,72 ^{ns}	26,37 ^{ns}	17626,98 ^{ns}
	Resíduo a	3	496,15	7,04	2701,38
	Adubação	4	362,53*	28,61*	8808,15*
	Solo X Adubação	4	100,27 ^{ns}	3,45 ^{ns}	431,27 ^{ns}
	Resíduo b	24	105,44	7,64	1370,72
	CV % (Solo)		27,46	17,52	36,30
	CV % (Adubação)		12,66	18,25	25,86
<i>C. icaco</i>	Bloco	3	37,27 ^{ns}	1,69 ^{ns}	2219,13 ^{ns}
	Solo	1	108,31 ^{ns}	22,95 ^{ns}	3587,42 ^{ns}
	Resíduo a	3	174,81	3,94	725,77
	Adubação	4	117,38*	6,10*	1714,92*
	Solo*Adubação	4	30,55 ^{ns}	0,62 ^{ns}	436,07 ^{ns}
	Resíduo b	24	18,77	1,12	322,65
	CV % (Solo)		66,82	39,63	58,32
	CV % (Adubação)		21,89	21,15	38,88
<i>I. laurina</i>	Bloco	3	157,45 ^{ns}	6,48 ^{ns}	70,80 ^{ns}
	Solo	1	1426,11 ^{ns}	20,39 ^{ns}	1200,78*
	Resíduo a	3	163,95	2,97	72,21 ^{ns}
	Adubação	4	80,03 ^{ns}	3,60 ^{ns}	118,78*
	Solo*Adubação	4	63,41 ^{ns}	1,21 ^{ns}	44,39 ^{ns}
	Resíduo b	24	41,11	1,81	40,53
	CV % (Solo)		30,11	22,43	39,29
	CV % (Adubação)		15,08	17,54	29,44
<i>M. guianensis</i>	Bloco	3	74,89 ^{ns}	1,04 ^{ns}	79,19 ^{ns}
	Solo	1	6,95 ^{ns}	1,13 ^{ns}	164,63 ^{ns}
	Resíduo a	3	45,79	2,57	154,97
	Adubação	4	27,93 ^{ns}	1,41 ^{ns}	187,42*
	Solo*Adubação	4	11,82 ^{ns}	0,35 ^{ns}	53,48 ^{ns}
	Resíduo b	24	16,22	0,63	53,51
	CV % (Solo)		20,10	22,61	34,75
	CV % (Adubação)		11,96	11,22	20,42
<i>G. brasiliensis</i>	Bloco	3	18,86 ^{ns}	1,21 ^{ns}	21,84 ^{ns}
	Solo	1	0,58 ^{ns}	0,00 ^{ns}	2,35 ^{ns}
	Resíduo a	3	14,13	1,35	4,76
	Adubação	4	6,67 ^{ns}	0,59 ^{ns}	13,79*
	Solo*Adubação	4	1,40 ^{ns}	0,53 ^{ns}	0,61 ^{ns}
	Resíduo b	24	5,15	0,57	3,73
	CV % (Solo)		36,11	27,82	21,56
	CV % (Adubação)		21,80	18,04	19,08

^{ns}Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey, CV, coeficiente de variação, n=12 para cada tratamento.

APÊNDICE 2. Resumo da análise de variância da espessura (ESP), suculência (SUC), massa foliar por área foliar (MFA) e índice de esclerofilia (IE) de *S. terebinthifolius* Raddi, *C. iaco*, *I. laurina*, *M. guianensis* e *G. brasiliensis* seis meses após o plantio, em área de revegetação de base de poço de petróleo

	Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio			
			ESP(mm ²)	SUC(g/m ⁻²)	MFA(g/m ²)	IE(g/mm ²)
<i>S. terebinthifolius</i> Raddi	Bloco	3	0,0000 ^{ns}	1009,72*	110,84 ^{ns}	0,0014 ^{ns}
	Solo	1	0,0003*	44,73 ^{ns}	3,55 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
	Resíduo a	3	0,0000	40,75	28,42	0,0004
	Adubação	4	0,0028*	271,93 ^{ns}	101,75 ^{ns}	0,0013 ^{ns}
	SoloXAdubação	4	0,0001*	441,48 ^{ns}	66,17 ^{ns}	0,0008 ^{ns}
	Resíduo b	24	0,0000	649,09	132,99	0,0017
	CV % (Solo)		2,25	3,00	5,22	5,22
	CV % (Adubação)		2,26	11,97	11,30	11,30
	<i>C. iaco</i>	Bloco	3	0,00153 ^{ns}	2201,83 ^{ns}	212,72 ^{ns}
Solo		1	0,00001 ^{ns}	47,22 ^{ns}	936,93*	0,0126*
Resíduo a		3	0,00070	559,54	27,49	0,0004
Adubação		4	0,00090 ^{ns}	1184,52 ^{ns}	2204,58*	0,0269*
SoloXAdubação		4	0,00097 ^{ns}	159,14 ^{ns}	177,84 ^{ns}	0,0022 ^{ns}
Resíduo b		24	0,00080	814,90	147,01	0,0019
CV % (Solo)			8,50	8,93	4,29	4,59
CV % (Adubação)			8,85	10,78	9,93	10,13
<i>I. laurina</i>		Bloco	3	0,0037 ^{ns}	208,70 ^{ns}	686,94 ^{ns}
	Solo	1	0,0004 ^{ns}	44,51 ^{ns}	27,82 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
	Resíduo a	3	0,0013	92,41	134,67	0,0017
	Adubação	4	0,0002 ^{ns}	833,25*	294,08 ^{ns}	0,0036 ^{ns}
	SoloXAdubação	4	0,0005 ^{ns}	71,71 ^{ns}	217,42 ^{ns}	0,0027 ^{ns}
	Resíduo b	24	0,0004	81,62	182,29	0,0023
	CV % (Solo)		17,70	6,41	11,43	11,43
	CV % (Adubação)		9,49	6,02	13,29	13,29
	<i>M. guianensis</i>	Bloco	3	0,0001 ^{ns}	64,32 ^{ns}	713,12 ^{ns}
Solo		1	0,0001 ^{ns}	1141,66 ^{ns}	281,12 ^{ns}	0,0035 ^{ns}
Resíduo a		3	0,0001	157,28	105,82	0,0013
Adubação		4	0,0020*	1957,51*	357,69 ^{ns}	0,0044 ^{ns}
SoloXAdubação		4	0,0018*	2279,49*	391,05 ^{ns}	0,0049 ^{ns}
Resíduo b		24	0,0001	159,03	484,65	0,0060
CV % (Solo)			14,08	4,35	6,61	6,61
CV % (Adubação)			11,00	4,37	14,16	14,16
<i>G. brasiliensis</i>		Bloco	3	0,0000 ^{ns}	90,98 ^{ns}	4,18 ^{ns}
	Solo	1	0,0015*	8401,51*	934,91*	0,0074*
	Resíduo a	3	0,0000	14,63	18,91	0,0005
	Adubação	4	0,0006*	2890,74*	86,30 ^{ns}	0,0010 ^{ns}
	SoloXAdubação	4	0,0027*	2953,06*	331,03*	0,0067*
	Resíduo b	24	0,0001	132,65	40,76	0,0004
	CV % (Solo)		1,57	1,92	3,97	5,85
	CV % (Adubação)		4,43	5,78	5,83	5,46

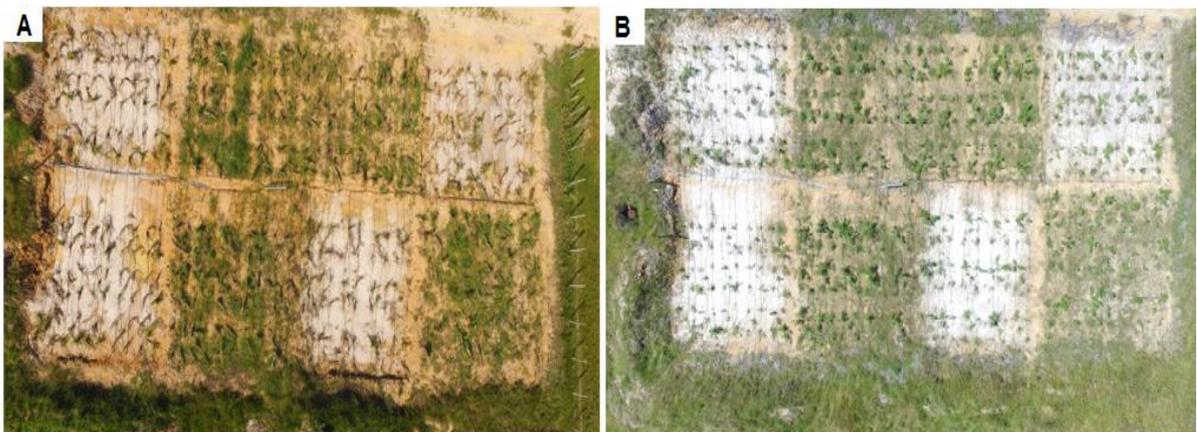
^{ns}Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey, CV, coeficiente de variação, n=8 para cada tratamento.



APÊNDICE 3.Preparo manual das covas antes do plantio das mudas.



APÊNDICE 4.Área experimental um mês após o plantio.



APÊNDICE 5.Fotos aéreas da área experimental três (A) (plantas recobertas com palha de coco) e sete (B) meses após o plantio.

2. CAPÍTULOS

2.1 ATIVIDADE FOTOQUÍMICA EM ESPÉCIES NATIVAS SUBMETIDAS A DIFERENTES SOLOS E ADUBAÇÃO, PARA REVEGETAÇÃO DE BASE DE POÇO DE PETRÓLEO

Resumo

As restingas são ecossistemas associados a Mata Atlântica que estão submetidas a uma complexidade de fatores ambientais que muitas vezes são limitantes para a sobrevivência das plantas. Muitas atividades extrativistas acabam gerando alterações em todo ciclo natural desse ambiente. A revegetação tem sido utilizada para tentar minimizar esses impactos. A fluorescência da clorofila *a* torna-se uma ferramenta rápida e não destrutiva capaz de fornecer informações sobre o estado do aparato fotossintético das plantas. Neste trabalho objetivou-se avaliar a influência do solo e adubação mineral em função das características da fluorescência da clorofila *a* em espécies nativas plantadas em área de base de poço de petróleo desativada. O delineamento experimental utilizado foi em DBC em um esquema de parcela subdividida com 4 blocos. As parcelas foram representadas pelos dois solos (arenoso e argiloso) e as subparcelas pelas cinco doses de NPK 04-14-08 (0, 40, 80, 160 e 320 g por cova⁻¹). As cinco espécies apresentaram diferentes respostas em relação as variáveis do teste JIP. Aos seis meses *C. icaco* não apresentou alterações no aparato fotossintético, e em um ano as elevadas doses de adubação ocasionaram a morte das plantas. Em *G. brasiliensis* o excesso de luminosidade foi

prejudicial para o desenvolvimento, podendo ser confirmada pela serie de alterações nos parâmetros do teste JIP. As espécies *S. terebinthifolius* Raddi, *I. laurina* e *G. brasiliensis* apresentaram alterações no aparato fotossintético quando cultivadas em solo arenoso. Em um ano, não há alterações perceptíveis em *S. terebinthifolius* Raddi e *M. guianensis*.

Palavras-chave: Fotossíntese, restinga, nutrição.

Abstract

The restingas are ecosystems associated with the Atlantic Forest that are subject to a complexity of environmental factors that are often limiting to the survival of plants. Many extractive activities end up generating changes in the entire natural cycle of this environment. Revegetation has been used to try to minimize these impacts. The fluorescence of chlorophyll a becomes a fast and non-destructive tool capable of providing information about the state of the photosynthetic apparatus of plants. The objective was to evaluate the influence of soil and mineral fertilization according to the fluorescence characteristics of chlorophyll a in native species planted in a deactivated oil well base area. The experiment was carried out on a deactivated oil well base. The experimental design used was in DBC in a plot scheme subdivided with 4 blocks. The plot was the two soil (sandy and clay) and the five portions of NPK 04-14-08 (0, 40, 80, 160 and 320 g per pit⁻¹) and a sub-plot. The five species showed different responses in relation to the variables of the JIP test. *C. icaco* showed no alterations in the photosynthetic apparatus at six months, and in one year the high doses of fertilization caused the death of the plants. In *G. brasiliensis*, excess brightness was detrimental to development and can be confirmed by the series of changes in the parameters of the JIP test. *S. terebinthifolius* Raddi, *I. laurina* and *G. brasiliensis* showed alterations in the photosynthetic apparatus when grown in sandy soil. In one year, there are no noticeable changes in *S. terebinthifolius* Raddi and *M. guianensis*.

Keywords:Photosynthesis, restinga, nutrition.

2.1.1 Introdução

As restingas são ecossistemas associados à Mata Atlântica que ocorrem por todo litoral brasileiro em diferentes faixas de extensões (OLIVEIRA e LANDIM, 2018). As formações de restingas estão submetidas a uma complexidade de fatores ambientais que muitas vezes são limitantes para a sobrevivência das plantas. Apresentam solo arenoso com grande lixiviação, pobre em nutrientes, salinidade, dessecação, soterramento, alta temperatura do ar e do solo, alta radiação solar e grande amplitude térmica diária (CRUZ e FREITAS, 2019; SANTOS et al., 2017). Por todos esses fatores, as restingas são caracterizadas ecofisiologicamente como ambientes de estresse (LÜTTGE e SCARANO, 2004).

Além da fragilidade natural da restinga ela também é constantemente ameaçada por ação antrópica. A crescente urbanização, a expansão de áreas para agricultura e também as atividades extrativista, acabam gerando alterações na comunidade vegetal, modificando todo o ciclo natural do ambiente (RODRIGUES et al., 2016; ALMEIDA, 2016). Dependendo do nível de perturbação que foi provocado, a recuperação pode não acontecer, ou levaria mais tempo para iniciar o processo de sucessão natural (JESUS et al., 2016). Muitas atividades extrativistas como a do setor petrolífero *onshore*, necessitam da adequação do solo para a instalação das suas estruturas. A degradação do solo ocasionada pela retirada da camada superficial ou inserção do solo argiloso, no caso de ambiente de restinga, dificulta ainda mais o processo de revegetação, pois, a compactação e perda dos nutrientes do solo, são os principais fatores que limitam a recuperação de uma área impactada (MOHAMAD JAFFAR et al., 2018).

Para reverter esses impactos, têm sido desenvolvidos projetos de recuperação ambiental através da revegetação das áreas desmatadas. Um critério importante para a realização efetiva desse processo é a seleção de espécies que ocorrem naturalmente na região de estudo, além da nutrição das plantas e do preparo do solo (JESUS et al., 2016). Entretanto, revegetar uma área não é tarefa fácil, pois quando um sistema biológico é perturbado por estresses de origens diversas, seu equilíbrio é alterado.

A fotossíntese pode ser considerada como um dos eventos fisiológicos mais influenciados pelas condições ambientais (TAIZ et al., 2017). As alterações provocadas no ambiente podem gerar mudanças estruturais nas plantas,

observadas através do funcionamento do aparato fotossintético (YUSUF et al. 2010). A análise da fluorescência da clorofila *a*, fundamentada nos parâmetros biofísicos intrínsecos às unidades fotossintéticas, tem sido uma importante ferramenta utilizada para avaliar a eficiência fotoquímica da planta (CHEN et al., 2015). Esta é uma ferramenta rápida e não destrutiva capaz de fornecer informações sobre os processos fotoquímicos e não-fotoquímicos que ocorrem nos tilacóides dos cloroplastos, possibilitando a caracterização de estresse ambiental (YUSUF, et al., 2010; SILVA et al., 2015).

Um dos métodos da fluorescência da clorofila que permite o maior número de informações sobre o comportamento fisiológico da planta é o teste JIP (STRASSER e STRASSER, 1995), que possibilita a compreensão dos processos associados ao fluxo energético na cadeia de transporte de elétrons da fotossíntese (MARTINAZZO et al., 2012). Nesse sentido, objetivou-se avaliar a influência do solo e adubação mineral em função das características da fluorescência da clorofila *a* em espécies nativas de restinga em área de base de poço de petróleo.

2.1.2 Material e Métodos

2.1.2.1 Descrição da Área Experimental

O experimento foi desenvolvido durante o período de janeiro de 2019 a janeiro de 2020 em uma área de tabuleiro costeiro impactada com a exploração petrolífera, localizada no município de São Mateus/ ES, nas mediações do bairro Rio Preto. A vegetação nativa da região é caracterizada como vegetação de restinga, com predominância de solo do tipo arenoso.

O clima da região é definido como Aw, segundo a classificação internacional de Koppen, tropical quente e úmido, apresentando duas estações bem definidas, secas no outono/inverno e chuvosa na primavera/verão, com temperatura média de 24°C (ALVARES et al., 2014).

A área experimental está localizada sobre uma base de poço de petróleo desativada. Para favorecer a agregação do solo, dar suporte para a passagem de automóveis e instalação de equipamentos, é necessária a adição de solo argiloso numa camada de aproximadamente 20 cm de altura. Consequentemente, o solo

depositado sofre uma compactação e o solo original é afetado devido a retirada da camada fértil. Realizou-se uma análise inicial do solo para determinação dos atributos químicos (TABELA 1).

TABELA 1. Atributos químicos do solo da área experimental no município de São Mateus, ES, na profundidade de 0-20 cm.

Solo	MO g Kg ⁻¹	pH (H ₂ O)	P _mg dm ⁻³ _	K _____	Ca _____	Mg _____	Al cmol _c dm ⁻³	H+Al _____	SB _____	T _____	V _____%____	m _____
Arenoso	5,01	5,57	5,28	27,50	0,39	0,23	0,00	2,76	0,69	3,46	20,39	0,00
Argiloso	0,63	4,92	7,08	57,20	0,87	0,71	0,30	3,70	1,85	5,55	33,28	13,97

2.1.2.2 Espécies Vegetais

As espécies selecionadas para o plantio foram: *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira) (pioneira), *Chrysobalanus icaco* L. (Guajiru) (pioneira), *Inga laurina* (Ingá Mirin) (secundaria inicial), *Mouriri guianensis* (Murta) (pioneira) e *Garcinia brasiliensis* (Bacupari) (secundaria tardia). As mudas das espécies nativas foram adquiridas no Centro Sócio Cultural Ambiental José Bahia, localizado no município de São Mateus/ES.

2.1.2.3 Preparode Solo

Foi realizado um preparo de solo em toda a área experimental. Para as parcelas com argila, foi realizado subsolagem e gradagem para a descompactação do solo. Nas parcelas constituídas por solo arenoso foi feita a retirada de toda a camada superficial de argila, utilizando trator de pneu e retroescavadeira. Após este procedimento, aplicou-se herbicida Glifosato® (1,5Lha⁻¹) (15 dias antes do plantio) em todas as parcelas experimentais, para a eliminação de plantas daninhas. Posteriormente, as covas foram preparadas para o plantio, com aproximadamente 20 cm de profundidade, perfuradas manualmente com auxílio de cavadeira de boca. Todas as covas foram adubadas com NPK (04-14-08) de acordo com os tratamentos.

2.1.2.4 Plantio em Campo e Tratos Culturais

Foram plantadas 120 mudas de cada espécie com espaçamento de 1,33 x 1,00 m. visando a proteção das plantas contra as altas temperaturas, as mesmas foram cobertas com palhas de coco, que foram retiradas 3 meses após o plantio.

Foi efetuado o replantio de mudas que morreram até um mês após o plantio. O replantio é um procedimento já utilizado em projetos de revegetação, dessa forma as mortes durante o primeiro mês não foram contabilizadas. O índice de sobrevivência inicial (três meses após o plantio) foi de 100% para todas as espécies, em todos os tratamentos. Em um ano após o plantio as espécies apresentaram diferentes índices de sobrevivência (CAPÍTULO 1, TABELA 6).

Durante os 3 primeiros meses foi realizada irrigação por gotejamento com turnos de rega de 45 minutos, duas vezes por dia, com um total de fornecimento de 3.0L de água por dia por planta. Com 3 meses, em função de proporcionar maior adaptação das plantas as condições do ambiente, a irrigação foi reprogramada para 3 vezes por semana. O desligamento total da irrigação ocorreu 5 meses após o plantio.

Todas as plantas receberam adubação de cobertura, foi utilizado 25g por planta⁻¹ de NPK 20-00-20 com micronutrientes, sendo no primeiro ano a cada 60 dias a partir do plantio.

Sempre que necessário realizou-se o controle de plantas daninhas, por meio de capinas e o coroamento das plantas. O controle de formigas cortadeiras foi feito por iscas formicidas Mirex-SD®, espalhadas próximas aos formigueiros.

2.1.2.5 *Fluorescência Transiente da Clorofila a*

A indução da fluorescência da clorofila *a* foi medida por um fluorômetro portátil (Handy-PEA, Hansatech, UK), induzida pela luz vermelha com pico de 650 nm, de aproximadamente 3.000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Para tornar o sistema coletor de luz totalmente receptivo foi necessário a oxidação completa dos centros de reação. Isso foi possível com a adaptação ao escuro por 30 minutos, de folhas jovens e completamente desenvolvidas (terceira folha a partir do ápice), com o auxílio de cliques foliares (Hansatech, UK). Foram utilizadas 2 plantas por tratamento em cada bloco para cada espécie. Em cada planta foi realizada uma leitura, totalizando 8 repetições por tratamento/espécie.

Foram realizadas duas medições: a primeira após seis meses e a segunda após um ano do plantio. As leituras foram realizadas entre 5h às 10h da manhã. Para a análise da fluorescência transiente da clorofila *a*, foi utilizado o teste JIP, que é utilizado para calcular os fluxos específicos por centro de reação, eficiência ou rendimento quânticos e índices de performance (STRASSER et al., 2004).

As variáveis analisadas através da fluorescência da clorofila *a*, foram obtidas através de cálculos que estão descritos na TABELA 2.

TABELA 2. Fórmulas dos termos usados no teste JIP obtidos a partir do transiente de fluorescência da clorofila *a* (O-K-J-I-P) de acordo com Strasser et al. (2004); Chen et al. (2015); Goltsev et al. (2016).

Parâmetros da Fluorescência	Descrição
Parâmetros Derivados e Parâmetros OJIP	
$F_0 = F_{20\mu s}$	Fluorescência mínima quando todos os centros de reação do FSII estão abertos
F_M	Fluorescência máxima quando todos os centros de reação do FSII estão fechados
$F_J = F_{2\mu s}$	Intensidade da fluorescência a 2 ms
$F_V = F_M - F_0$	Fluorescência variável
F_V/F_0	Eficiência das reações fotoquímicas do FSII
$V_J = (F_J - F_0)/(F_M - F_0)$	Eficiência variável relativa a 2 ms
Rendimento Quântico e Eficiência	
$\phi P_0 = TR_0/ABS = (1 - F_0/F_M) = F_V - F_M$	Rendimento quântico máximo fotoquímico primário em $t=0$
$\phi E_0 = ET_0/ABS = (1 - F_0/F_M) \times (1 - V_J)$	Rendimento quântico de transporte de elétrons de QA - para o intersistema de aceptores de elétrons
$\phi D_0 = F_0/F_M = 1 - \phi P_0$	Rendimento quântico no $t=0$ para dissipação de energia
$\delta R_0 = RE_0/ET_0 = (1 - V_J)/(1 - V_J)$	Eficiência com que um elétron pode se mover desde os aceptores de elétrons do intersistema até os aceptores finais do FSI
$RC/CS_0 = \phi P_0 (V_J/M_0) \times (ABS/CS_0)$	Centros de reação redutores de QA ativos por seção transversal no FSII
Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSII	
$ABS/RC = M_0 \times (1/V_J) \times (1/\phi P_0)$	Fluxo de absorção por centro de reação
$TR_0/RC = M_0/V_J$	Fluxo de energia capturado por centro de reação
$ET_0/RC = (M_0/V_J) \times \psi E_0 = (M_0/V_J) \times (1 - V_J)$	Fluxo de transporte de elétrons por centro de reação
$DI_0/RC = (ABS/RC) - (TR_0/RC)$	Fluxo de energia dissipada por centro de reação
Índice de Performance	
$PI_{TOTAL} = (RC/ABS) \times (\phi P_0/(1 - \phi P_0)) \times (\psi E_0/(1 - \psi E_0)) \times (\delta R_0/(1 - \delta R_0))$	Índice de desempenho fotoquímico total

2.1.2.6 *Delineamento Experimental e Análise estatística*

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em um esquema de parcela subdividida com quatro repetições. As parcelas foram constituídas pelos dois tipos de solo (arenoso e argiloso) e as subparcelas pelos 5 tratamentos de adubação de plantio com NPK 04-14-08 (0, 40, 80, 160 e 320 g por cova⁻¹). Cada parcela experimental mediu 100 m² (10 x 10 m). Cada unidade experimental foi representada por três plantas.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos, foi utilizado o teste de média Tukey a 5% para os tratamentos qualitativos (tipos de solo) e regressão linear e quadrática para os tratamentos quantitativos (doses de NPK). A análise estatística foi realizada com o auxílio do *Software Sisvar*® (FERREIRA, 2011).

2.1.3 Resultados

2.1.3.1 *Shinus terebinthifolius* Raddi

2.1.3.1.1 Parâmetros de eficiência e rendimento quânticos

Para a variável F_V/F_0 , foi observado diferença significativa para o fator solo. O fator adubação e a interação entre os tratamentos solo e adubação não apresentaram resultados significativos aos seis meses após o plantio. Analisando a diferença ocorrida para os tratamentos de solo, foi observado que as plantas cultivadas em solo argiloso apresentaram maiores valores de F_V/F_0 (FIGURA 1 A). Porém, um ano após o plantio, os valores de F_V/F_0 não apresentaram diferença estatística para nenhum dos fatores e também entre a interação (APÊNDICE 1).

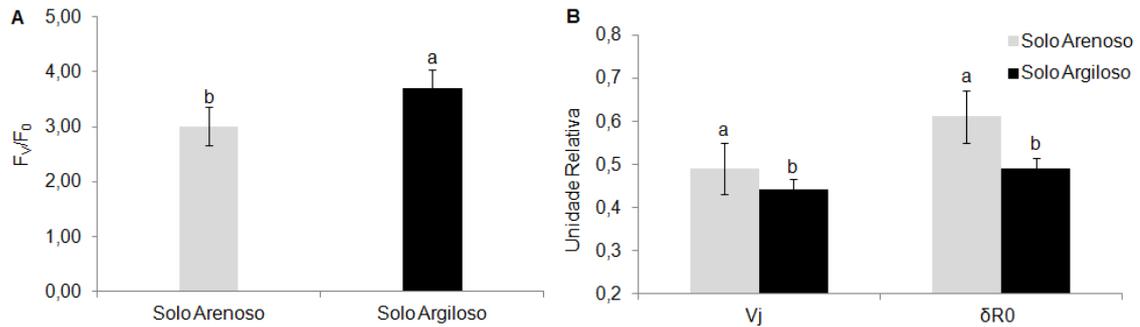


FIGURA 1. Valores médios da eficiência das reações fotoquímicas do FSII (F_v/F_0) (A), eficiência relativa variável a 2 ms (V_j) e Eficiência com que um elétron pode se mover desde os aceptores de elétrons do intersistema até os aceptores finais do FSI (δR_0) (B) em *S. terebinthifolius* Raddi em relação ao tipo de solo, aos seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo. Médias (\pm erro padrão) seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n=8$.

As variáveis V_j e δR_0 apresentaram uma tendência semelhante em *S. terebinthifolius*. Para as duas variáveis a diferença significativa foi obtida para o fator solo aos seis meses, o fator adubação e a interação entre os tratamentos solo e adubação não apresentaram resultados significativos. Analisando os tratamentos de solo, observou-se um maior valor de V_j e δR_0 nas plantas que foram cultivadas em solo arenoso (FIGURA 1 B). Em um ano, os dois parâmetros não apresentaram diferença significativa para nenhum tratamento testado (APÊNDICE 1).

Em relação aos parâmetros de rendimentos quânticos (ϕP_0 , ϕE_0 e ϕD_0), foram observadas diferenças significativas para o fator solo aos seis meses após o plantio. Um ano após o plantio, os três parâmetros (ϕP_0 , ϕE_0 , ϕD_0) não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos testados (APÊNDICE 1).

O rendimento quântico máximo fotoquímico primário (ϕP_0) e a eficiência quântica da transferência de um elétron da Q_A^- para a cadeia de transporte de elétrons além da Q_A (ϕE_0) apresentaram um maior valor, nas plantas do solo argiloso e menor nas do solo arenoso. Para o parâmetro do rendimento quântico fotoquímico para dissipação de energia (ϕD_0), as plantas do solo arenoso apresentaram maior valor dessa variável e em contrapartida, no solo argiloso o ϕD_0 foi menor (FIGURA 2).

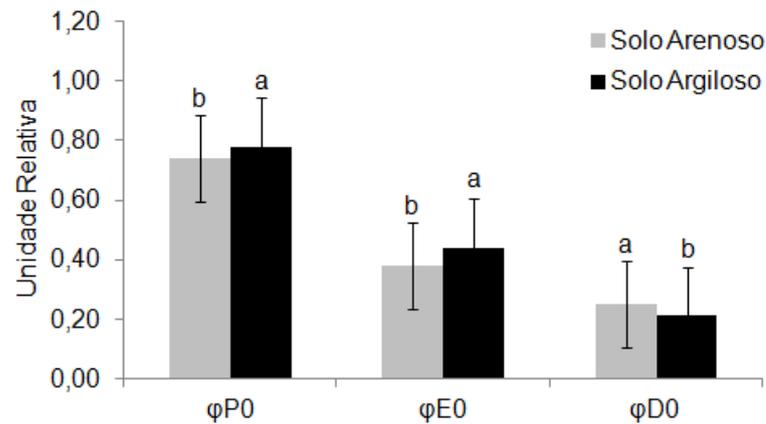


FIGURA 2. Rendimento quântico máximo fotoquímico primário em $t=0$ (ϕP_0), rendimento quântico de transporte de elétrons de QA - para o intersistema de aceptores de elétrons (ϕE_0) e rendimento quântico no $t=0$ para dissipação de energia (ϕD_0) em *S. terebinthifolius* Raddi em relação ao tipo de solo, aos seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo. Médias (\pm erro padrão) seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n=8$.

Para o parâmetro RC/CS_0 , a diferença significativa também ocorreu no fator aos seis meses. O fator adubação e a interação, não foram significativos. As plantas de *S. terebinthifolius* Raddi, cultivadas em solo arenoso, apresentaram um menor valor de RC/CS_0 , em comparação com as do solo argiloso (FIGURA 3). Em um ano após o plantio, não houve diferença para nenhum dos tratamentos testados (APÊNDICE1).

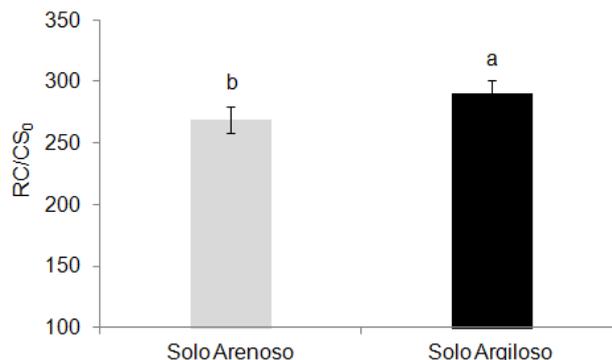


FIGURA 3. Valores médios dos centros de reação redutores de Q_A ativos por seção transversal no FSII (RC/CS_0) em *S. terebinthifolius* Raddi, em relação ao tipo de solo, aos seis meses e um ano após o plantio, em área de base de poço de petróleo. Médias (\pm erro padrão) seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n=8$.

2.1.3.1.2 Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSII

Em relação aos parâmetros de fluxo específico ou atividades expressas por centro de reação (RC) (ABS/RC, ET_0/RC , TR_0/RC , DI_0/RC) a espécie *S. terebinthifolius* Raddi, apresentou resultados significativos os parâmetros ABS/RC, TR_0/RC e DI_0/RC . A diferença significativa foi observada aos seis meses após o plantio, para o fator solo. O fator adubação e a interação não foram significativos. O fluxo de transporte de elétrons por RC (ET_0/RC) não apresentou diferença entre os tratamentos aos seis meses. Em um ano após o plantio não ocorreu diferença significativa para os parâmetros ABS/RC, ET_0/RC , TR_0/RC , DI_0/RC , em nenhum dos tratamentos testados (APÊNDICE 1).

As plantas que foram cultivadas em solo arenoso apresentaram maior fluxo de absorção (ABS/RC), fluxo de energia capturada (TR_0/RC) e fluxo de energia dissipada (DI_0/RC) e as do solo argiloso menor absorção, captura e dissipação de energia (FIGURA4).

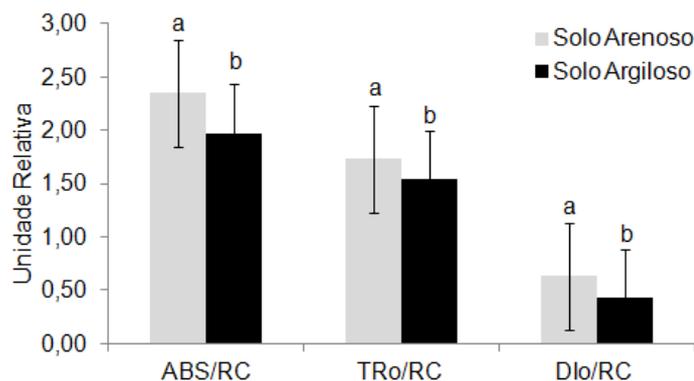


FIGURA 4. Fluxo de absorção por centro de reação (ABS/RC), fluxo de transporte de elétrons por RC no $t=0$ (ET_0/RC), fluxo de energia capturado por RC no $t=0$ (TR_0/RC) e fluxo de energia dissipada por RC no $t=0$ (DI_0/RC) em *S. terebinthifolius* Raddi, em relação ao tipo de solo, aos seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo. Médias (\pm erro padrão) seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n=8$.

2.1.3.1.3 Índice de Performance

O Índice de desempenho fotoquímico total (PI_{TOTAL}) não apresentou resultados significativos entre os tratamentos testados (APÊNDICE 1).

2.1.3.2 *Chrysobalanos icaco*

A espécie *C. icaco* não apresentou diferenças significativas para os parâmetros do teste JIP seis meses após o plantio (APÊNDICE 2). Em um ano após o plantio, não foi possível a realização das coletas de dados para essa espécie, pelo fato da perda de tratamentos que foram ocasionadas nas plantas que receberam doses mais elevadas de adubação.

2.1.3.3 *Inga laurina*

2.1.3.3.1 Parâmetros de eficiência e rendimento quânticos

Em *I. laurina*, para o parâmetro F_V/F_0 , não ocorreu diferença significativa para os fatores solo e adubação, a diferença foi observada na interação entre os tratamentos solo e adubação aos seis meses após o plantio (APÊNDICE 3). Analisando o fator solo dentro de cada nível de adubação, a dose de 160 g cova⁻¹ de NPK proporcionou o maior valor de F_V/F_0 no solo argiloso e menor no solo arenoso. As doses de 0, 40, 80, e 320 g cova⁻¹ de NPK não diferiram entre os dois tipos de solos (TABELA 3).

TABELA 3. Análise do fator solo dentro de cada nível de adubação, considerando os valores médios de F_V/F_0 em *I. laurina* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Adubação (g cova ⁻¹)	F_V/F_0	
	Arenoso	Argiloso
0	2,23 a	2,20 a
40	1,91 a	2,06 a
80	1,82 a	2,45 a
160	1,41 b	2,40 a
320	1,83 a	2,13 a
Média	1,84	2,50

Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, \pm erro padrão, n=8.

Analisando a interação da adubação dentro de cada nível de solo, o modelo de regressão que melhor explicou os resultados foi o quadrático. O ajuste dos dados ocorreu somente para o solo arenoso, com coeficiente de determinação de 0,9495. Foi alcançado um ponto de mínima na dose de 190,91 g cova⁻¹ de NPK, indicando que essa dosagem proporcionou no menor valor de F_V/F_0 (FIGURA 5). Entretanto,

em um ano após o plantio, não houve diferença significativa para F_V/F_0 (APÊNDICE 3).

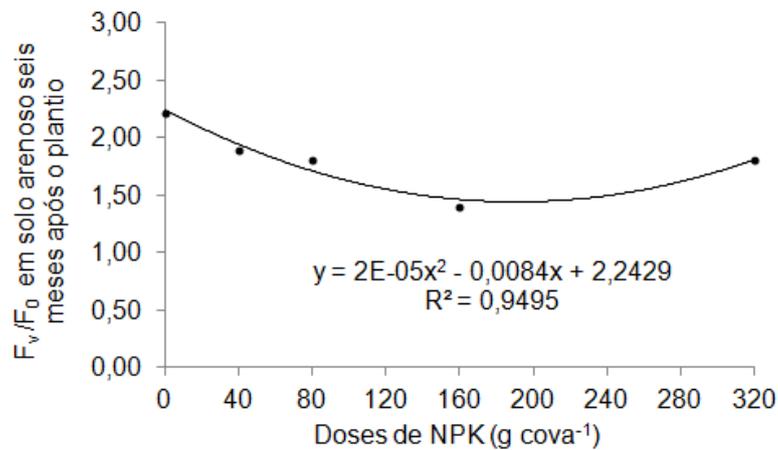


FIGURA 5. Análise do fator adubação dentro do solo arenoso, para F_V/F_0 em *I. laurina* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Os parâmetros V_J e δR_0 não apresentaram diferenças significativas para nenhum tratamento testado, aos seis meses e um ano após o plantio (APÊNDICE 3).

Em relação aos parâmetros de rendimentos quânticos (φP_0 , φE_0 e φD_0), não houve diferença significativa para os fatores solo e adubação separadamente, para nenhuma das três variáveis. Entretanto, a interação entre os fatores solo e adubação foi significativa para φP_0 e φD_0 , aos seis meses. Em um ano após o plantio, não foram observadas diferenças significativas para nenhum dos três parâmetros (φP_0 , φE_0 e φD_0) (APÊNDICE 3).

Analisando o desdobramento da interação para o fator solo dentro de cada nível de adubação, foi possível observar que na dose de 160 g cova⁻¹ ocorreu um maior valor de φP_0 e menor de φD_0 nas plantas que foram cultivadas em solo argiloso. As plantas do solo arenoso apresentaram menor φP_0 e maior de φD_0 na dosagem mencionada (TABELA 4). Analisando o fator adubação dentro de cada solo, somente o solo arenoso apresentou ajuste de regressão para φP_0 e φD_0 , com ajuste quadrático para os dois parâmetros, o R^2 foi 0,898 para ambos. As plantas que receberam 183,33 g cova⁻¹ de NPK apresentaram menor φP_0 e conseqüentemente maior φD_0 (FIGURA 6 A e B).

TABELA 4. Análise do fator solo dentro de cada nível de adubação, considerando os valores médios do rendimento quântico máximo fotoquímico primário (ϕP_0) e rendimento quântico no para dissipação de energia (ϕD_0) em *I. laurina* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Adubação (g cova ⁻¹)	ϕP_0		ϕD_0	
	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso
0	0,68 a	0,67 a	0,32 a	0,33 a
40	0,65 a	0,67 a	0,35 a	0,32 a
80	0,64 a	0,70 a	0,36 a	0,30 a
160	0,57 b	0,70 a	0,42 a	0,30b
320	0,64 a	0,67 a	0,36 a	0,33 a
Média	0,64	0,68	0,36	0,32

Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, \pm erro padrão, n=8.

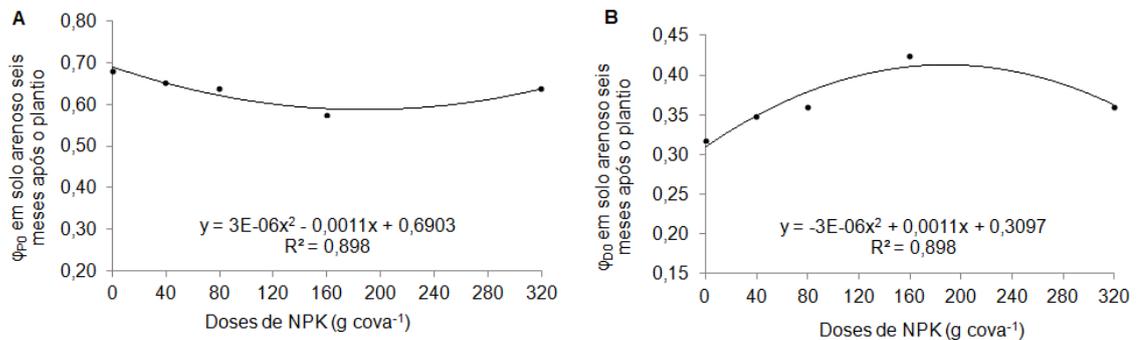


FIGURA 6. Análise do fator adubação dentro do solo arenoso, para rendimento quântico máximo fotoquímico primário (ϕP_0) (A) e rendimento quântico no para dissipação de energia (ϕD_0) (B), em *I. laurina* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Para o parâmetro RC/CS_0 , não ocorreu diferenças significativas nos dois períodos de avaliação, em nenhum tratamento (APÊNDICE 3).

2.1.3.3.2 Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSII

Em relação aos parâmetros de fluxo específico ou atividades expressas por centro de reação (ABS/RC , ET_0/RC , TR_0/RC , DI_0/RC), em *I. laurina* somente o parâmetro DI_0/RC apresentou resultados significativos que ocorreu aos seis meses. Os fatores solo e adubação separadamente não apresentaram diferenças significativas. Entretanto foi notado resultados significativos para a interação entre os fatores solo e adubação. Em um ano após o plantio, os parâmetros ABS/RC , ET_0/RC , TR_0/RC , DI_0/RC não foram significativos em nenhum tratamento testado (APÊNDICE 3).

Analisando o fator solo dentro de cada nível de adubação, as plantas que receberam 160 g cova⁻¹ de NPK apresentaram maior valor de DI_0/RC em solo arenoso (TABELA 5). As demais dosagens utilizadas na adubação de plantio não diferiram entre os solos. Analisando o fator adubação dentro de cada solo, apenas o solo arenoso apresentou ajuste de regressão. O modelo ajustado foi o quadrático, com coeficiente de determinação de 0,8760. O ponto de máxima foi alcançado na dose de 168,33 g cova⁻¹ (FIGURA 7).

TABELA 5. Análise do fator solo dentro de cada nível de adubação, considerando os valores médios do fluxo de energia dissipada por RC no t=0 (DI_0/RC) em *I. laurina* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Adubação (g cova ⁻¹)	DI_0/RC	
	Arenoso	Argiloso
0	0,92 a	1,11 a
40	1,14 a	1,03 a
80	1,29 a	0,85 a
160	1,90 a	0,88 b
320	1,25 a	0,98 a
Média	1,30	0,97

Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, \pm erro padrão, n=8.

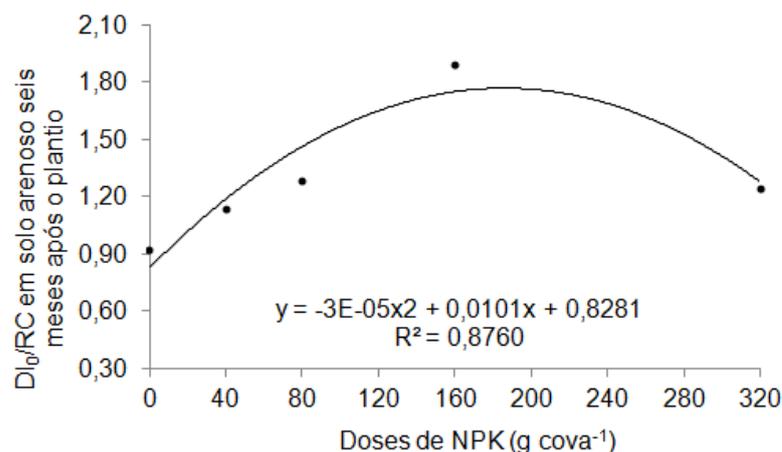


FIGURA 7. Análise do fator adubação dentro do solo arenoso, para fluxo de energia dissipada por RC no t=0 (DI_0/RC) em *I. laurina* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

2.1.3.3.3 Índice de Performance

O Índice de desempenho fotoquímico total (PI_{TOTAL}) não apresentou resultados significativos aos seis meses após o plantio. Em um ano após o plantio, o

PI_{TOTAL} apresentou diferença significativa para o fator soloseparadamente. O fator adubação e a interação entre os fatores solo e adubação não apresentaram diferença estatística (APÊNDICE 3). As plantas cultivadas sobre o solo arenoso, também apresentaram maior PI_{TOTAL} em comparação com as do solo argiloso (FIGURA 8).

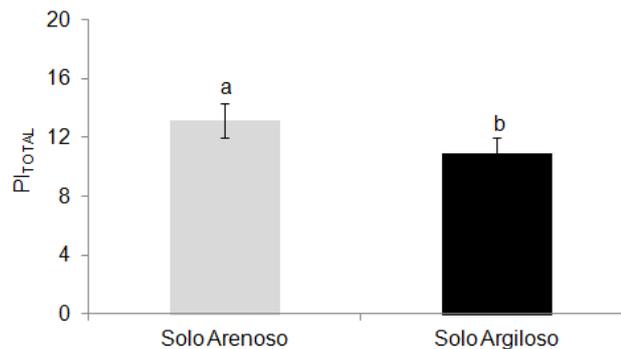


FIGURA 8. Valores médios do índice de desempenho fotoquímico total (PI_{TOTAL}) em *I. aurina* em relação ao tipo de solo, um ano após o plantio, em área de base de poço de petróleo. Médias (\pm erro padrão) seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n=8$.

2.1.3.4 *Mouriri guianensis*

2.1.3.4.1 Parâmetros de eficiência e rendimento quânticos

Para a espécie *M. guianensis*, não ocorreu diferença significativa para o parâmetro F_V/V_0 em nenhum dos dois períodos de avaliação (seis meses e um ano) (APÊNDICE 4). Nos parâmetros V_J e δR_0 a diferença significativa foi obtida para o fator solo aos seis meses. Observou-se um maior valor de V_J e δR_0 nas plantas que foram cultivadas em solo arenoso (FIGURA 9).

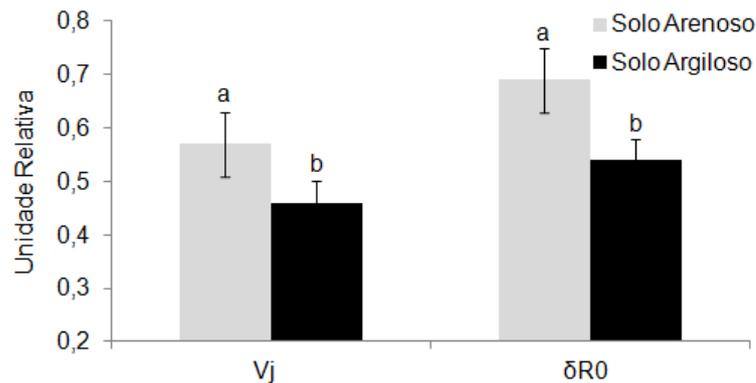


FIGURA 9. Valores médios da eficiência relativa variável a 2 ms (V_j) e eficiência com que um elétron pode se mover desde os aceptores de elétrons do intersistema até os aceptores finais do FSI (δR_0) em *M. guianensis* em relação ao tipo de solo, aos seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo. Médias (\pm erro padrão) seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n=8$.

O fator adubação e a interação entre os tratamentos solo e adubação não apresentaram resultados significativos para V_j e δR_0 . Em um ano, os dois parâmetros não apresentaram diferença significativa para nenhum tratamento testado (APÊNDICE 4).

Em relação aos parâmetros de rendimentos quânticos (ϕP_0 , ϕE_0 e ϕD_0) e RC/CS_0 não houve diferença significativa para em nenhum tratamento testado para os dois períodos de avaliação (seis meses e um ano) (APÊNDICE 4).

2.1.3.4.2 Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSII

Em relação aos parâmetros de fluxo específico ou atividades expressas por centro de reação (ABS/RC , ET_0/RC , TR_0/RC , DI_0/RC), somente o parâmetro ET_0/RC apresentou diferença significativa para o fator solo aos seis meses após o plantio. As plantas cultivadas em solo argiloso apresentaram maior valor de ET_0/RC (FIGURA 10). Em um ano após o plantio, não houve diferença entre os tratamentos (APÊNDICE 4).

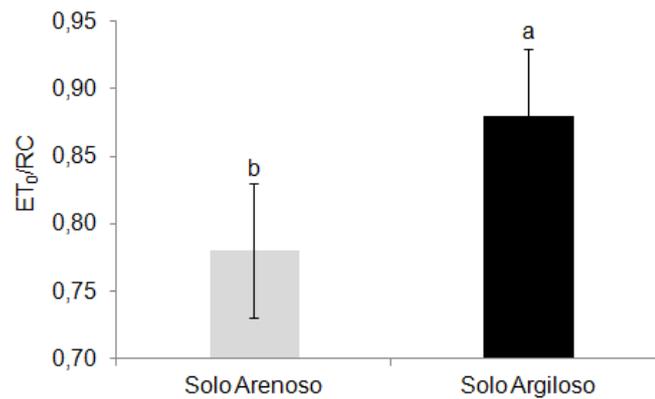


FIGURA 10. Valores médios do fluxo de transporte de elétrons por RC no $t=0$ (ET_0/RC) em *M. guianensis* em relação ao tipo de solo, aos seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo. Médias (\pm erro padrão) seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n=8$.

2.1.3.4.3 Índice de Performance

Na espécie *M. guianensis*, o Índice de desempenho fotoquímico total (PI_{TOTAL}) apresentou diferença significativa para o tratamento solo aos seis meses após o plantio. As plantas do solo arenoso apresentaram maior PI_{TOTAL} (FIGURA 11). Em um ano após o plantio, não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos (APÊNDICE 4).

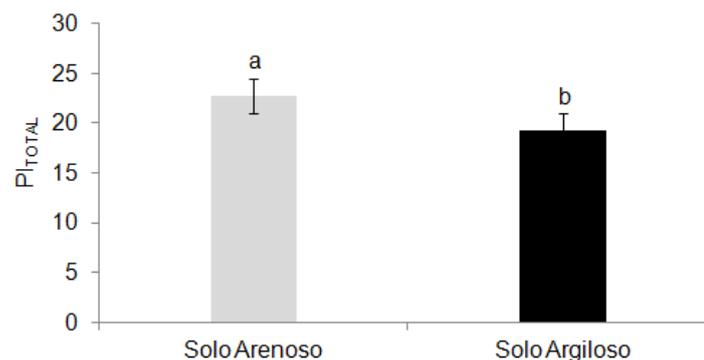


FIGURA 11. Valores médios do índice de desempenho fotoquímico total (PI_{TOTAL}) em *M. guianensis* em relação ao tipo de solo, seis meses após o plantio, em área de base de poço de petróleo. Médias (\pm erro padrão) seguidas pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância, $n=8$.

2.1.3.5 *Garcinia brasiliensis*

2.1.3.5.1 Parâmetros de eficiência e rendimento quânticos

O parâmetro F_V/F_0 , apresentou diferença significativa para os fatores, solo e adubação separadamente e também na interação entre ambos os fatores, aos seis meses após o plantio (APÊNDICE 5).

Analisando o desdobramento da interação entre o fator solo dentro de cada nível de adubação, é possível observar que as doses de NPK 0, 40 e 80 g cova⁻¹ apresentaram um maior valor de F_V/F_0 nas plantas do solo argiloso. Porém, na dose de 160 g cova⁻¹ de NPK, as plantas apresentaram maior F_V/F_0 em solo arenoso, na dose de 320 g cova⁻¹, não diferiram entre os dois tipos de solos (TABELA 6). Analisando o fator adubação dentro de cada nível de solo, o ajuste de regressão foi observado somente para o solo arenoso. O modelo ajustado aos dados foi o quadrático (R^2 0,9475), a dose de 225 g cova⁻¹ de NPK proporcionou o aumento de F_V/F_0 nas plantas do solo arenoso (FIGURA 12 A).

TABELA 6. Análise do fator solo dentro de cada nível de adubação, considerando os valores médios da eficiência das reações fotoquímicas do FSII (F_V/F_0), rendimento quântico máximo fotoquímico primário em (ϕP_0) e rendimento quântico para dissipação de energia (ϕD_0) em *I. laurina* seis meses após o plantio em área de base de poço de petróleo.

Adubação (g cova ⁻¹)	F_V/F_0		ϕP_0		ϕD_0	
	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso	Arenoso	Argiloso
0	1,59 b	2,41 a	0,63 a	0,65 a	0,43 a	0,41 a
40	1,66 b	1,98 a	0,62 a	0,65 a	0,43 a	0,35 b
80	1,93 b	2,41 a	0,65 b	0,71 a	0,34 a	0,30 a
160	2,24 a	1,89 b	0,65 b	0,71 a	0,33 a	0,35 a
320	2,11 a	2,25 a	0,67 a	0,68 a	0,33 a	0,32 a
Média	1,91	2,19	0,66	0,67	0,37	0,35

Médias seguidas da mesma letra minúscula na horizontal não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, \pm erro padrão, n=8.

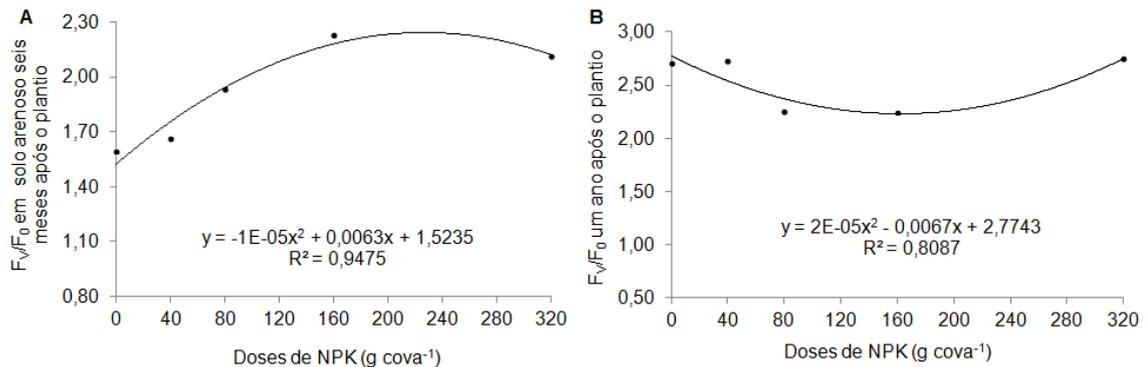


FIGURA 12. Análise do fator adubação dentro do solo na eficiência das reações fotoquímicas do FSII (F_v/F_0), em *G. brasiliensis* seis meses após o plantio em solo arenoso (A) e um ano após o plantio, em relação aos dois tipos de solo (B), em área de base de poço de petróleo.

Em um ano após o plantio, não ocorreu diferença significativa para o fator solo, a diferença foi observada no fator adubação. Também não ocorreu diferença estatística na interação entre os fatores (APÊNDICE 5).

Para o tratamento adubação, o modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático (R^2 0,8087) (Figura 12 B). O ponto de mínima foi alcançado na dose de 159,52 g cova⁻¹ de NPK aplicado no plantio, indicando uma redução da eficiência das reações fotoquímicas do FSII (F_v/F_0). É possível sugerir que essa redução tenha sido influenciada pela adubação aplicada, pois o valor de F_v/F_0 volta a aumentar com o aumento das dosagens de NPK.

Os parâmetros V_J e δR_0 , não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos testados, nos dois períodos de avaliação (seis meses e um ano após o plantio) (APÊNDICE 5).

Em relação aos parâmetros de rendimento quântico (ϕP_0 , ϕE_0 e ϕD_0), aos seis meses, o ϕP_0 e ϕD_0 , não apresentaram diferença significativa para o fator solo, entretanto o fator adubação e também a interação entre ambos os fatores foram significativos. Para o parâmetro ϕE_0 , não ocorreu diferença significativa (APÊNDICE 5).

Analisando o desdobramento da interação para o fator solo dentro de cada nível de adubação é possível observar que nas doses de 80 e 160 g cova⁻¹ as plantas apresentaram maior valor de ϕP_0 em solo argiloso e menor no arenoso (TABELA 6). Para o parâmetro ϕD_0 , o maior valor dessa variável foi observado nas plantas que receberam 40 g cova⁻¹ de NPK e foram cultivadas em solo arenoso (TABELA 6). Analisando o fator adubação dentro de cada solo, somente o solo

arenoso apresentou ajuste de regressão para ϕP_0 e ϕD_0 , com ajuste quadrático para as duas variáveis. O coeficiente de determinação foi de 0,7594 para ϕP_0 e 0,821 em ϕD_0 . Em ϕP_0 foi alcançado um ponto de máxima nas plantas que receberam a dose de 200 g cov^a em solo arenoso (FIGURA 13 A). Em ϕD_0 foi alcançado um ponto de mínima na dose de 275 g cov^a de NPK em solo arenoso (FIGURA 13 B).

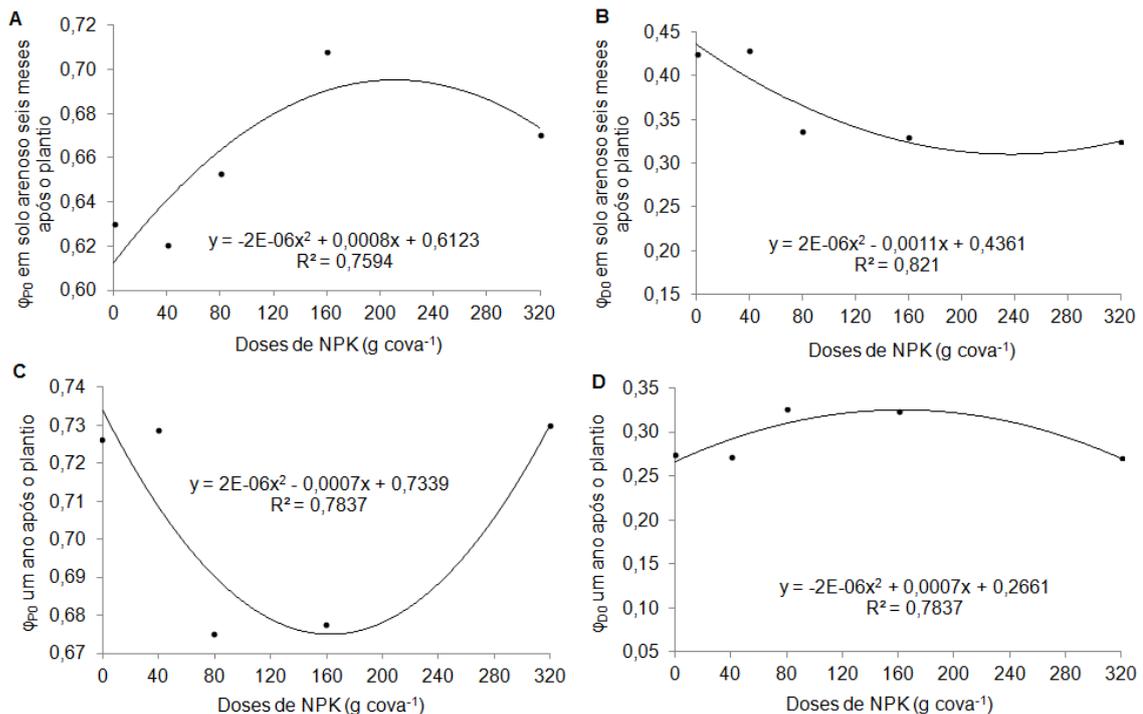


FIGURA 13. Análise do fator adubação dentro do solo, no rendimento quântico máximo fotoquímico primário em $t=0$ (ϕP_0) e rendimento quântico no $t=0$ para dissipação de energia (ϕD_0) em *G. brasiliensis* seis meses após o plantio em solo arenoso (A e B) e um ano após o plantio, em relação aos dois tipos de solo (C e D), em área de base de poço de petróleo.

A espécie *G. brasiliensis*, um ano após o plantio, também apresentou diferença significativa para esses dois parâmetros (ϕP_0 e ϕD_0), essa diferença ocorreu no fator adubação. O modelo ajustado foi o quadrático com coeficiente de determinação de 0,7837 para os dois parâmetros. Em ϕP_0 foi obtido um ponto de mínima na dose de 175 g cov^a (FIGURA 13 C). Para o ϕD_0 um ponto de máxima na dose de 175 g cov^a foi obtido (FIGURA 13 D).

Para o parâmetro RC/CS₀, não foi observado diferenças estatísticas entre os tratamentos nos dois períodos de avaliação (APÊNDICE 5).

2.1.3.5.2 Fluxos Específicos de Energia por Centro de Reação do FSII

Em relação aos parâmetros de fluxos específicos (ABS/RC, ET_0/RC , TR_0/RC , DI_0/RC), em *G. brasiliensis*, aos seis meses não ocorreu diferença significativa entre os tratamentos (APÊNDICE 5). Em um ano após o plantio, não houve diferença entre os tratamentos de solo para os parâmetros citados. Entretanto, em ABS/RC e DI_0/RC , ocorreu diferença significativa para o fator adubação (APÊNDICE 5). Para o parâmetro ABS/RC, o modelo ajustado foi o quadrático, com coeficiente de determinação de 0,7581. O ponto de máxima foi alcançado na dose de 157,57 g cova⁻¹ (FIGURA 14 A). Para o DI_0/RC , o modelo de regressão também foi o quadrático, com coeficiente de determinação de 0,7492. O ponto de máxima foi alcançado na dose de 215 g cova⁻¹ de NPK aplicados no plantio (FIGURA 14 B).

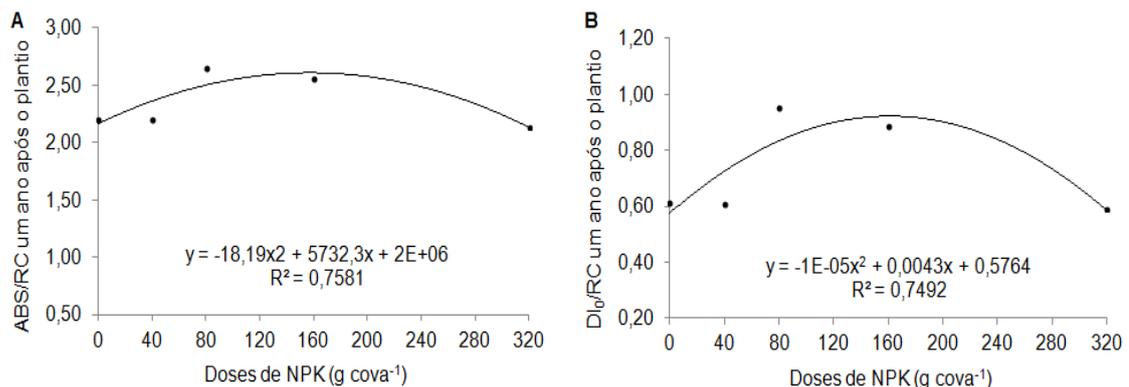


FIGURA 14. Efeito da adubação de plantio com NPK 04-14-08, no fluxo de absorção por centro de reação (ABS/RC) (A) e fluxo de energia dissipada por centro de reação (DI_0/RC) (B), em *G. brasiliensis*, um ano após o plantio em área de base de poço de petróleo.

2.1.3.4.3 Índice de Performance

O índice de desempenho total (PI_{TOTAL}), não apresentou diferença significativa para os tratamentos testados, nos dois períodos de avaliação (seis meses e um ano após o plantio) (APÊNDICE 5).

2.1.4 Discussão

A fotossíntese é um dos eventos fisiológicos mais influenciados pelas condições ambientais (TAIZ et al., 2017). Devido a este fato, as plantas que são

submetidas à ambientes que sofreram com algum tipo de impacto, poderão apresentar respostas a estas condições, que serão visíveis ao longo do tempo em seus aparatos fotossintéticos. Nessa pesquisa, foi possível observar o comportamento que cinco espécies nativas apresentaram quando foram submetidas à uma área que sofreu com impactos causados pelas atividades petrolíferas. Foram observados, diferentes comportamentos entre as espécies, que foram obtidos através de doze parâmetros do teste JIP.

Ao analisar os resultados, em relação ao parâmetro F_v/F_0 , é possível observa que reduções nessa variável, podem indicar dano fotoinibitório às plantas, sendo considerado respostas as condições de menor crescimento, capacidade de absorção e conservação da energia luminosa (SOUZA et al. 2019b). Em geral, o solo arenoso foi o que proporcionou reduções de F_v/F_0 nas espécies *S. terebinthifolius* Raddi, *I. laurina* e *G. brasiliensis* ao seis meses. Contudo, em *G. brasiliensis*, nas doses mais baixas de NPK ocorreu o menor valor desse parâmetro no solo arenoso e maior no argiloso. O maior valor de F_v/F_0 no solo argiloso em doses mais baixas de NPK pode estar ligado a capacidade de retenção de nutrientes desse solo, ser maior do que a do arenoso. Foi possível notar, que em solo arenoso o maior valor de F_v/F_0 foi observado em uma dose mais alta de adubação (225 g cova⁻¹ de NPK). Em contrapartida, em *I. laurina*, a dose de 190,46 g cova⁻¹ de NPK proporcionou o menor valor de F_v/F_0 . Essa dosagem, provavelmente combinada com o solo arenoso, provocou danos fotoinibitório às plantas. As reduções na razão F_v/F_0 observadas para essas três espécies (*S. terebinthifolius* Raddi, *I. laurina* e *G. brasiliensis*), podem ser consideradas uma mudança na taxa de transporte de elétrons do FSII ao acceptor primário de elétrons. Tal mudança pode estar relacionada com a elevação na quantidade de centros de reações inativos ou até mesmo no bloqueio ou redução na transferência de energia entre os sistemas antena até os centros de reação do FSII (DE ELL et al., 1999; GHOTBI-RAVANDI et al., 2014).

As variáveis V_J e δR_0 apresentaram uma tendência semelhante entre as espécies *S. terebinthifolius* Raddi e *M. guianensis*. Nas duas espécies, foi observado um aumento de V_J e δR_0 nas plantas que foram cultivadas em solo arenoso aos seis meses após o plantio (FIGURAS 1 B e 9). A fluorescência relativa variável a 2 ms (V_J) indica o número de centros de reação fechados em relação ao número total de centros de reação que podem ser fechados (THACH et al., 2007; CHEN et al.,

2015). Segundo Chen et al. (2014) o valor de V_j é afetado quando ocorre um retardo na transferência de elétrons além da Q_A , ou seja, valores elevados de V_j indicam limitação no transporte de elétrons entre a Q_A e a Q_B . Essa limitação foi observada nas plantas de *S. terebinthifolius* Raddi e *M. guianensis* quando plantadas em solo arenoso. Segundo Taiz et al. (2017) e Santos et al. (2015), o estresse nutricional pode provocar uma diminuição no transporte de elétrons fotossintéticos, e o solo arenoso apresenta grande perda de nutrientes através da lixiviação. Em contrapartida, o solo argiloso consegue reter mais água e nutrientes. O solo arenoso, como era esperado, apresentou menores concentrações de quase todos os atributos químicos, mas, curiosamente, a concentração de matéria orgânica foi superior à do argiloso (TABELA 1). Entretanto, é notório a baixa concentração de nutrientes do solo arenoso, o que pode ter sido a causa do retardo na transferência de elétrons que ocorreu em *S. terebinthifolius* Raddi e *M. guianensis*, quando submetidas ao solo arenoso.

A redução de δR_0 em solo argiloso, para as espécies *S. terebinthifolius* Raddi e *M. guianensis*, aos seis meses, pode resultar em um acúmulo de energia no centro de reação, surgindo a necessidade de dissipação dessa energia, pela fluorescência ou por dissipação de calor (OLIVEIRA et al., 2018). No entanto em *S. terebinthifolius* a dissipação vista por DI_0/RC e ϕD_0 , em solo argiloso foi menor em comparação ao solo arenoso. Alguns autores relatam que quando, o excesso de energia não for dissipado pode ocorrer a formação de espécies reativas de oxigênio (NISHIYAMA et al., 2011; VOESENEK e BAILEY-SERRES, 2015). Essas alterações demonstram que quando cultivadas em solo arenoso, as espécies *S. terebinthifolius* Raddi e *M. guianensis*, desenvolveram mecanismos mais eficientes para aproveitamento da radiação logo nos primeiros meses após o plantio (SCHOCK et al., 2014). No solo argiloso, as reduções vistas em δR_0 , segundo Nikiforou e Manetas (2011), podem diminuir a capacidade do FSI em transportar elétrons para seus receptores finais.

Em relação aos parâmetros de rendimentos quânticos (ϕP_0 , ϕE_0 e ϕD_0), as diferenças significativas foram observadas nas espécies *S. terebinthifolius* Raddi e *I. laurina* e *G. brasiliensis*. A espécie *S. terebinthifolius* Raddi, apresentou sinais de fotoinibição da fotossíntese, quando cultivada em solo arenoso, que ocorreu devido à inativação dos centros de reação, ou seja, a atividade fotossintética do FSII diminuiu devido ao excesso de irradiância (STIRBET et al., 2018; GULLO et al.,

2020). Esse fenômeno é caracterizado com o aumento do fluxo de energia dissipada por centro de reação (DI_0/RC) (Figura 4) e redução dos rendimentos quânticos, máximo (ϕP_0) e do transporte de elétrons (ϕE_0) (FIGURA 2), que ocorreram nas plantas do solo arenoso (SOUZA et al., 2019a). A fotoinibição é causada pelo desvio da energia luminosa absorvida em direção a dissipação de calor, por isso, o decréscimo em eficiência quântica (ZHANG et al., 2015; MLINARIĆ et al., 2016). O principal dano provocado pela fotoinibição no FSII é a degradação da proteína D1, ela é facilmente danificada através do excesso de luz e necessita ser sintetizada (STIRBET et al., 2018). Entretanto, a fotoinibição foi detectada seis meses após o plantio. Com um ano não foram observados danos fotoinibitórios em *S. terebinthifolius* Raddi.

Segundo Souza et al. (2019a), a redução de ϕP_0 e consequente aumento de ϕD_0 , reforça a ocorrência de fotoinibição, indicando uma redução no transporte e uso da energia de excitação, como foi observado em *G. brasiliensis* e *I. laurina*. Geralmente, plantas saudáveis, que não estejam sobre estresse, os valores de ϕP_0 variam entre 0,75 a 0,85, podendo demonstrar eficiente conversão da energia luminosa no FSII (BOLHAR-NORDENKAMPF et al. 1989; PORTO et al., 2018). As espécies que apresentaram valores abaixo desse padrão foram *S. terebinthifolius* Raddi e *C. icaco* aos seis meses para o solo arenoso. Em *M. guianensis* e *I. laurina*, aos seis meses nas plantas dos dois solos. E em *G. brasiliensis* todos os tratamentos tanto aos seis meses e em um ano apresentaram valores reduzidos de ϕP_0 . O que indica danos no aparato fotossintético das espécies (LIMA et al., 2019).

O aumento de ABS/RC e TR_0/RC que ocorreu nas plantas de *S. terebinthifolius* Raddi cultivadas em solo arenoso pode provocar a inativação de parte dos centros de reação (KALAJI et al., 2014; SOUZA et al., 2019a). Demonstrando que o tratamento com solo argiloso proporcionou melhores resultados quando comparado ao tratamento com solo arenoso para esses dois parâmetros. Em *M. guianensis*, ocorreu um maior fluxo de transporte de elétrons (ET_0/RC), ocorreu nas plantas do solo argiloso.

O parâmetro DI_0/RC , refere-se a perda da energia absorvida pelo FSII na forma de calor, emissão de fluorescência, ou ainda, transferências de energia para outros sistemas (STRASSER et al., 2000). A inativação dos centros de reação favorece o aumento da dissipação de energia por CR (DI_0/RC). Aumentos em DI_0/RC estão diretamente relacionados a conversão de CRs redutores em

dissipadores, tornando-se em um mecanismo de fotoproteção do FSII (KALAJI et al., 2018). Para as espécies *I. laurina* e *G. brasiliensis*, foi observado efeito das doses de NPK no aumento do DI_0/RC . A dose de 160 g cova⁻¹, contribuiu para o aumento de DI_0/RC em *I. laurina* sob solo arenoso. Em *G. brasiliensis* dose de 215 g cova⁻¹ proporcionou esse aumento, mas para os dois solos. Indicando que as doses de adubação mencionadas para cada espécie contribuíram para a formação de mecanismos de fotoproteção do FSII.

O parâmetro RC/CS_0 está relacionado com a quantidade de pigmentos fotossintéticos disponíveis na planta, indicando a densidade de centros de reação existentes por seção transversal do tecido fotossintetizante (STRASSER et al., 2004; ZHANG et al., 2020). Valores mais elevados para esse parâmetro ocorreu no solo argiloso, o que indica maior aproveitamento da energia disponível no ambiente pela planta. Segundo Thach et al. (2007), a redução em RC/CS_0 , pode estar intimamente relacionada com o excesso de irradiância, o que desencadeia em um excesso de energia absorvida nas plantas (ABS/RC), criando uma situação na qual o mecanismo fotossintético não pode sustentar, refletindo em perda na produtividade fotossintética. Esse excesso de energia absorvida foi constatado nas plantas de *S. terebinthifolius* Raddi quando cultivadas em solo arenoso, visto pelo aumento de ABS/RC . A redução de RC/CS_0 , também pode indicar que parte dos centros de reações do FSII estão inativos (LI et al., 2020)

A redução ou aumento de PI_{TOTAL} pode apontar perda ou ganho na capacidade de conservação de energia, respectivamente (YUSUF et al., 2010). As espécies *I. laurina* e *M. guianensis* apresentaram uma perda da capacidade de conservação de energia em solo argiloso (Figuras 8 e 11). Em *M. guianensis* a redução em PI_{TOTAL} em solo argiloso aos seis meses está intimamente relacionado com a redução de δR_0 , ou seja, ocorreu uma baixa eficiência na locomoção de elétrons entre o intersistema e os aceptores finais do FSI (SOUZA et al., 2019a). Em *I. laurina*, aos seis meses, o desempenho do aparato fotossintético, apresentou melhores resultados no solo argiloso, visto pelo aumento de F_V/F_0 e ϕP_0 e redução de ϕD_0 e DI_0/RC , porém em um ano não foi observado alterações em nenhum parâmetro exceto o PI_{TOTAL} , o que demonstrou uma redução na atividade fotoquímica total nas plantas do solo argiloso.

Em geral foi possível caracterizar uma redução na capacidade fotossintética aos seis meses em plantas de *S. terebinthifolius* Raddi cultivadas em solo arenoso,

sendo determinada pela redução em F_V/F_0 , ϕ_{P0} e ϕ_{E0} , demonstrando que as plantas apresentam um limite de capacidade de absorção de energia luminosa sob o solo arenoso (GONÇALVES et al., 2010; SOUZA et al., 2019a).

É notório que as espécies *S. terebinthifolius* Raddi, *I. laurina* e *G. brasiliensis* foram mais sensíveis e propícias a alterações no aparato fotossintético quando cultivadas em solo arenoso. Mas, as alterações no aparato fotossintético foram mais visíveis no período inicial do crescimento, aos seis meses. Em um ano, não há alterações perceptíveis em *S. terebinthifolius* Raddi e *M. guianensis*. Em *C. icaco*, provavelmente as altas doses de NPK aplicadas no plantio, juntamente com as adubações de cobertura que foram realizadas, causaram toxidez as plantas, causando a morte das mesmas. Nesse sentido, não sendo recomendado para essa espécie doses muito elevadas de NPK, pois, segundo Bastos (1995) é uma espécie pouco exigente em nutrientes.

Em *G. brasiliensis*, ocorreu maior sensibilidade fisiológica, sendo que em um ano após o plantio também houve uma série de alterações no aparato fotossintético. É considerada uma espécie não pioneira (secundaria tardia), e apresenta crescimento lento (PRADO JUNIOR et al., 2011). Segundo Poorter e Bongers, (2006) e Souza et al. (2009), geralmente espécies secundárias tardias, precisam de ambientes mais sombreados para o seu desenvolvimento inicial. Espécies tardias investem grande parte de seus recursos nas folhas, pois geralmente estas são de maior duração, ao contrário das folhas das espécies pioneiras (POORTER E BONGERS, 2006). Porém, foram aplicados os mesmos tratamentos culturais para todas as espécies utilizadas, sendo assim, o tempo de sombreamento com as palhas de coco foi igual para todas. A alta irradiância pode ter contribuído para as alterações no aparato fotossintético. Segundo Gonçalves et al. (2010), a exposição ao excesso de irradiância pode diminuir a eficiência do FSII, com decorrente mudança no direcionamento da energia fotoquímica por meio da dissipação. Devido ao fato, das espécies tardias investirem mais recursos nas folhas, os danos provocados no aparato fotossintético podem perdurar por mais tempo, pois além de apresentarem poucas folhas, levam um maior período de tempo para uma nova produção (POORTER E BONGERS, 2006). Levando em conta esses fatos, foi possível notar que as espécies *I. laurina* e *G. brasiliensis* (não pioneiras), continuaram apresentando algum dano no aparato fotossintético, em um ano após o plantio.

Logicamente são estas espécies mais sensíveis a alta irradiância, sendo um importante fato a ser levado em conta no momento do plantio.

2.1.5 Conclusão

A espécie *S. terebinthifolius* Raddi, apresentou melhor atividade fotossintética no período inicial do seu crescimento, quando foi cultivada sobre o solo argiloso. As doses de NPK utilizadas no plantio não interferiram no funcionamento do aparato fotossintético.

Em *C. icaco*, não foram registradas alterações na atividade fotossintética aos seis meses. Em um ano, o baixo índice de sobrevivência nas doses mais elevadas de NPK, impossibilitou a coleta de dados. *C. icaco* é uma espécie promissora para revegetação desse tipo de ambiente, a alta porcentagem de sobrevivência, sobre as doses mais baixas de adubação utilizada, pode ser um ponto positivo, pois, diminui os custos nos projetos de revegetação.

A espécie *I. laurina*, apresentou uma série de alterações em seu aparato fotossintético quando cultivada em solo arenoso, podendo ser notório a melhor atividade fotossintética em solo argiloso. As doses de adubação também interferiram na atividade fotossintética da espécie, as doses entre 160 e 183 g cova⁻¹ de NPK foram as piores doses para o solo arenoso, mas em solo argiloso essas doses apresentaram bom desempenho na atividade fotossintética.

A espécie *M. guianensis*, apresentou pequenas alterações em seu aparato fotossintético nos dois tipos de solo aos seis meses após o plantio, essas alterações não persistiram ao longo do tempo, não sendo visível nenhuma anormalidade em um ano após o plantio. As doses de NPK utilizadas não interferiram no funcionamento do aparato fotossintético.

A espécie *G. brasiliensis* foi bastante sensível e propícia a alterações no aparato fotossintético quando cultivada em solo arenoso. Apresentou uma série de danos na atividade fotossintética nos dois períodos de avaliação. Apresentou inibição da atividade fotossintética em todos os tratamentos testados, que podem ter sido influenciados por excesso de irradiância. Quando cultivada em solo argiloso, apresentou melhor desempenho fotossintético com as doses de 0 a 160 g cova⁻¹ de NPK.

2.1.6 Referências

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2014. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3ªed. Ilhéus, BA: Editus, 2016, 200 p.

BASTOS, M. N. C. A importância das formações vegetais da restinga e do manguezal para as comunidades pesqueiras. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.11, n.1, p.41-56. 1995. Disponível em: <http://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/568>. Acesso em: 14 de fev. 2020.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; ÖQUIST, G.; SCHREIDER, U.; LECHNER E. G. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497- 514, 1989.

CHEN, S.; KANG, Y.; ZHANG, M.; WANG, X.; STRASSER, R. J.; ZHOU, B.; QIANG, S. Differential sensitivity to the potential bioherbicide tenuazonic acid probed by the JIP-test based on fast chlorophyll fluorescence kinetics. **Environmental and Experimental Botany**, v.112, p. 1-15, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.11.009>

CHEN, S.; STRASSER, R. J.; QIANG, S. In vivo assessment of effect of phytotoxin tenuazonic acid on PSII reaction centers. **Plant Physiology and Biochemistry**, n.84, p.10-21, 2014. DOI: 10.1016/j.plaphy.2014.09.004.

CRUZ, A. C. R.; FREITAS, A. F. N. Epífitas vasculares da mata de restinga da Praia do Sul, Ilha Grande, RJ, Brasil. **Rodriguésia**, v. 70, p. 1-13, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201970047>.

DE ELL, J.R.; VAN KOOTEN, O.; PRANGE, R.K.; MUN, D.P. Applications of chlorophyll fluorescence techniques in postharvest physiology. **Horticultura Review**, v. 23, p. 69- 107, 1999.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

GHOTBI-RAVANDI, A.A.; SHAHBAZI, M.; SHARIATI, M. et al. Effects of mild and severe drought stress on photosynthetic efficiency in tolerant and susceptible barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes. **Journal Agronomy Crop Science**, v. 200, p. 403–15, 2014.

GOLTSEV, V. N.; KALAJI, H. M.; PAUNOV, M.; BABA, W.; HORACZEK, T.; MOJSKI, J.; KOCIEL, H.; ALLAKHVERDIEV, S. I. Variable chlorophyll fluorescence and its use for assessing physiological condition of plant photosynthetic apparatus. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 63, n. 6, p. 869-893, 2016. DOI: 10.1134/S1021443716050058.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C. E.; GUIMARÃES, D. G.; BERNARDES, R. S. Análise dos transientes da fluorescência da clorofila a de plantas jovens de *Carapa guianensis* e de *Dipteryx odorata* submetidas a dois ambientes de luz. **Acta Amazonica**, v.40, n.1, p.89-98, 2010. DOI:<https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100012>

GULLO, G.; DATTOLA, A.; VONELLA, V.; ZAPPIA, R. Effects of two reflective materials on gas exchange, yield, and fruit quality of sweet orange tree *Citrus sinensis* (L.) Osb. **European Journal of Agronomy**, v.118, p.1-9, 2020. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126071>

JESUS, E. N.; SANTOS, T. S.; RIBEIRO, G. T.; ORGE, M. D. R.; AMORIM, V. O.; BATISTA, R. C. R. C. Regeneração Natural de Espécies Vegetais em Jazidas Revegetadas. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n.2, p.191-200, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.115914>

KALAJI, H. M.; RACKOVÁ, L.; PAGANOVÁ, V.; SWOCZYNA, T.; RUSINOWSKI, S.; SITKO, K. Can chlorophyll-a fluorescence parameters be used as bio-indicators to distinguish between drought and salinity stress in *Tilia cordata* Mill?. **Environmental and Experimental Botany**, v.152, p.149-157, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.11.001>

KALAJI, H. M.; OUKARROUM, A.; ALEXANDROV, V.; KOUZMANOVA, M.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; SAMBORSKA, I.; CETNER, M. D.; ALLAKHVERDIEV, V. G. Identification of Nutrient Deficiency in Maize and Tomato Plants by in Vivo Chlorophyll a Fluorescence Measurements. **Plant Physiol Biochem**, v.81, p.16-25, 2014. DOI:10.1016/j.plaphy.2014.03.029

LIMA, G. S.; DIAS, A. S.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SILVA, A. A. R. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.1, p.214-225, 2019. DOI:<https://doi.org/10.19084/RCA18123>

LÜTTGE, U.; SCARANO, F.R. Ecophysiology. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 1, p. 1-10, 2004. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042004000100001>

MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BIANCHI, V. J.; BACARIN, M. A. Fluorescência da clorofila a em plantas de pessegueiro da cultivar Maciel enxertada sobre diferentes porta enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 678-685, 2012. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452012000300005>

MLINARIĆ, S.; ANTUNOVIĆ DUNIĆ, J.; ŠTOLFA, I.; CESAR, V.; LEPEDUŠ, H. High irradiation and increased temperature induce different strategies for competent photosynthesis in young and mature fig leaves. **South African Journal of Botany**, v. 103, p. 25–31, 2016. DOI:10.1016/j.sajb.2015.08.010

MOHAMAD JAFFAR, A. N. N.; WASLI, M. E.; PERUMAL, M.; LAT, J.; SANI, H. Effects of Soil Compaction and Relative Light Intensity on Survival and Growth Performance of Planted *Shorea macrophylla* (de Vriese) in Riparian Forest along Kayan Ulu River, Sarawak, Malaysia. **International Journal of Forestry Research**, p.1–11, 2018. DOI:10.1155/2018/6329295.

NIKIFOROU, C.; MANETAS, Y. Inherent nitrogen deficiency in *Pistacia lentiscus* preferentially affects photosystem I: a seasonal field study. - *Funct. Plant Biol.* v.38, p. 848-855, 2011. DOI: 10.1071/FP11040.

NISHIYAMA, Y.; SULEYMAN, I. A.; MURATA, N. Protein synthesis is the primary target of reactive oxygen species in the photoinhibition of photosystem II. **Physiologia Plantarum**, v.142, n. 1, p.35-46, 2011. DOI: 10.1111/j.1399-3054.2011.01457

OLIVEIRA, E. V. S.; LANDIM, M. F. Flora das Restingas de Sergipe: análise da lista de espécies indicadoras dos estágios sucessionais (Resolução CONAMA nº443/2012). **Sociedade e Natureza**, v.30, n.2, p.210-222, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n2-2018-10>.

OLIVEIRA, J. W.; SOUZA, E. R.; SANTOS, H. R. B.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, H. H. F.; MELO, D. V. M. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n.3, p. 2592 - 2603, 2018. DOI: 10.7127/rbai.v12n300700.

POORTER, L.; BONGERS, F. Leaf traits are good predictors of plant performance across 53 rain forest species. **Ecology**, v. 87, n. 7, p.1733-1743, 2006. DOI: 10.1890/0012-9658(2006)87[1733:LTAGPO]2.0.CO;2.

PORTO, S. M.; BARBOSA, L. C.; SOUZA, V. L.; BERTOLDE, F. Z. Emissão da fluorescência da clorofila em combinações de variedades copa/porta-enxerto de citros. **Revista Eletrônica Multidisciplinar Pindorama**, v.7, n.7, p.1-5, 2018.

PRADO JÚNIOR, J. A.; LOPES, S. F.; VALE, V. S.; OLIVEIRA, A. P.; GUSSON, A. E.; DIAS NETO, O. C.; SCHIAVINI, A. Estrutura e caracterização sucessional da comunidade arbórea de um remanescente de floresta estacional semidecidual, Uberlândia, MG. **Caminhos de Geografia**, v.12, n.39, p.81-93, 2011. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16329>. Acesso em: 20 de abr. 2020.

RODRIGUES, L. G. S. M.; RODRIGUES, F. M.; VIROLI, S. L. M. Técnicas de restauração ambiental em restingas. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v.3, n.1, p.28-35, 2016. DOI 10.18067/jbfs.v3i1.42.

SANTOS, F. C.; RESENDE, A. V.; ALBURQUERQUE FILHO, M. R.; BORIN, A. L. D. C.; PASSOS, A. M. A. Dinâmica de fertilidade em solos frágeis. In: **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap.1, p.161-184.

SANTOS, R.; ELIAS, G. A.; GUISLON, A. V.; ZANONI, I. Z. Vegetação arbustivo-arbórea em uma restinga de Jaguaruna, litoral sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 12, n. 1, p.99-111, 2017. DOI:10.4136/ambiente-agua.1952.

SCHOCK, A. A.; RAMM, A.; MARTINAZZO, E. G.; SILVA, D. M.; BACARIN, M. A. Crescimento e fotossíntese de plantas de pinhão-manso cultivadas em diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 18, n. 1, 2014. DOI:<https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100001>.

SILVA, F.; DUTRA, W.; DUTRA, A.; OLIVEIRA, I.; FIGUEIRAS, L.; MELO, A. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p. 946-952, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p946-952>

SOUZA, G. M.; BALMANT, B. D.; VÍTOLO, H. F.; GOMES, K. B. P.; FLORENTINO, T. M.; CATUCHI, T. A.; VIEIRA, W. L. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta Botânica Brasilica**, v.23, n.2, p.474-485, 2009.DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000200019>.

SOUZA, A. F. C.; MARTINS, J. P. R.; GONTIJO, A. B. P. L.; FALQUETO, A. R. Selenium improves the transport dynamics and energy conservation of the photosynthetic apparatus of *in vitro* grown *Billbergia zebrina* (Bromeliaceae). **Photosynthetica**, v.57, n.4, p.931-941, 2019a. DOI: 10.32615/ps.2019.105

SOUZA, J. T. A.; RIBEIRO, J. E. S.; RAMOS, J. P. F.; SOUSA, W. H.; ARAÚJO, J. S.; LIMA, G. F. C.; DIAS, J. A. Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro. **Archivos Zootecnia**, v.68, n.262, p.268-273, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v68i262.4146>

STIRBET, A.; LAZÁR, D.; KROMDIJK, J. Chlorophyll a fluorescence induction: Can just a one-second measurement be used to quantify abiotic stress

responses? **Photosynthetica**, v.56, n.1, p. 86-104, 2018. DOI: 10.1007/s11099-018-0770-3

STRASSER, R. J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: **Probing photosynthesis: mechanisms, regulation and adaptation**. Taylor e Francis, London, 2000. Cap. 25, p. 445-483.

STRASSER, B. J.; STRASSER, R. J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: The JIP-test. In: **Photosynthesis: from light to biosphere**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 1995. V.5, p. 977-980. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-009-0173-5_1142

STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. Analysis of the chlorophyll *a*. In: **Fluorescence transient chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis**. Netherlands: Springer, 2004. v.14, p. 321-362.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858p.

THACH, L. B.; SHAPCOTT, A.; SCHMIDT, S.; CRITCHLEY, C. The OJIP fast fluorescence rise characterizes *Graptophyllum* species and their stress responses. **Photosynth Res**, v.94, p.423–436, 2007. DOI 10.1007/s11120-007-9207-8

VOESENEK, L. A. C. J.; BAILEY-SERRES, J. Food adaptive traits and processes: na overview. **New Phytologist**, v.206, n.57-73, 2015. DOI:10.1111/nph.13209.

YUSUF, M. A.; KUMAR, D.; RAJWANSHI, R.; STRASSER, R. J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; GOVINDJEE; SARIN, N. B. Overexpression of γ -tocopherol methyl transferase gene in transgenic Brassica juncea plants alleviates abiotic stress: Physiological and chlorophyll *a* fluorescence measurements. **Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics**, v. 1797, p. 1428–38, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbabbio.2010.02.002>

ZHANG, L. T.; XU, R.; LIU, J. G. Efficacy of botanical pesticide for rotifer extermination during the cultivation of *Nannochloropsis oculata* probed by chlorophyll *a* fluorescence transient. **Photosynthetica**, v.58, p.341-347, 2020. DOI: 10.32615/ps.2019.164

ZHANG, M.; SHAN, Y.; KOCHIAN, L.; STRASSER, R.J.; CHEN, G. Photochemical properties in flag leaves of a super-high-yielding hybrid rice and a traditional hybrid rice (*Oryza sativa* L.) probed by chlorophyll *a* fluorescence transient. **Photosynth Res**, v.126, p.275–284, 2015. DOI:10.1007/s11120-015-0151-8

LI, L.; PAN, X. L.; UM, G. J. Toxic effects of potassium permanganate on photosystem II activity of cyanobacteria *Microcystis aeruginosa*. **Photosynthetica**, v.58, n.1, p.54-60, 2020. DOI: 10.32615/ps.2019.155

Apêndice

APÊNDICE 1. Resumo da análise de variância dos parâmetros da fluorescência da clorofila a, derivados do teste JIP, em plantas de *S. terebinthifolium* Raddiseis meses e um ano após o plantio em área de revegetação de base de poço de extração de petróleo.

	Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
			F_V/F_0	V_J	δR_0	ϕP_0	ϕE_0	ϕD_0
Seis meses após o plantio	Bloco	3	0,36 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Solo	1	4,78*	0,03*	0,14*	0,02*	0,03*	0,02*
	Resíduo a	3	0,35	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
	Adubação	4	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Solo x Adubação	4	0,34 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Resíduo b	24	0,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
	CV % (Solo)		17,50	9,71	17,84	4,66	12,61	15,14
	CV % (Adubação)		11,99	13,87	15,82	4,00	14,18	13,01
	Fonte de Variação	GL	RC/CS ₀	ABS/RC	TR ₀ /RC	ET ₀ /RC	DI ₀ /RC	PI _{TOTAL}
	Bloco	3	82,78 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	198,99*
Solo	1	4470,90*	1,45*	0,33*	0,00 ^{ns}	0,40*	4,86 ^{ns}	
Resíduo a	3	403,86	0,07	0,01	0,00	0,03	15,58	
Adubação	4	432,23 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	48,41 ^{ns}	
Solo x Adubação	4	192,21 ^{ns}	0,06 ^s	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	40,88 ^{ns}	
Resíduo b	24	445,72	0,10	0,02	0,01	0,03	52,47	
CV % (Solo)		7,19	6,60	12,06	6,60	5,02	29,75	
CV % (Adubação)		7,56	8,73	14,36	8,73	9,44	34,11	
Um ano após o plantio	Fonte de Variação	GL	F_V/F_0	V_J	δR_0	ϕP_0	ϕE_0	ϕD_0
	Bloco	3	0,28*	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00*	0,01 ^{ns}	0,00*
	Solo	1	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Resíduo a	3	0,02	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
	Adubação	4	0,46 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Solo x Adubação	4	0,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Resíduo b	24	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	CV % (Solo)		3,07	15,67	20,58	0,67	11,43	2,74
	CV % (Adubação)		9,56	12,92	10,30	2,87	9,76	11,68
	Fonte de Variação	GL	RC/CS ₀	ABS/RC	TR ₀ /RC	ET ₀ /RC	DI ₀ /RC	PI _{TOTAL}
Bloco	3	1496,67 ^{ns}	0,19*	0,08*	0,01 ^{ns}	0,03*	358,50 ^{ns}	
Solo	1	1457,57 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	41,88 ^{ns}	
Resíduo a	3	471,76	0,01	0,01	0,01	0,00	146,98	
Adubação	4	1093,74 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	61,19 ^{ns}	
Solo x Adubação	4	162,96 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	16,98 ^{ns}	
Resíduo b	24	876,18	0,07	0,02	0,01	0,01	59,24	

CV % (Solo)	8,06	5,81	5,28	5,81	9,53	11,49
CV % (Adubação)	10,98	10,12	13,23	10,12	8,60	30,26

^{ns}Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey, CV, coeficiente de variação.

APÊNDICE 2. Resumo da análise de variância dos parâmetros da fluorescência da clorofila a, derivados do teste JIP, em plantas de *C. icaco* seis meses após o plantio em área de revegetação de base de poço de extração de petróleo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		F _v /F ₀	V _J	δR ₀	φP ₀	φE ₀	φD ₀
Bloco	3	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Solo	1	0,78 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Resíduo a	3	0,16	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
Adubação	4	0,33 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Solo x Adubação	4	0,18 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Resíduo b	24	0,36	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
CV % (Solo)		13,30	24,01	4,51	4,34	19,99	12,33
CV % (Adubação)		20,08	15,40	7,36	6,85	16,75	19,47

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		RC/CS ₀	ABS/RC	TR ₀ /RC	ET ₀ /RC	DI ₀ /RC	PI _{TOTAL}
Bloco	3	500,84 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	50,17 ^{ns}
Solo	1	4,27 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,09 ^{ns}	15,34 ^{ns}
Resíduo a	3	1560,99	0,28	0,10	0,06	0,05	58,74
Adubação	4	910,76 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,11 ^{ns}	163,37 ^{ns}
Solo x Adubação	4	447,96 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	60,48 ^{ns}
Resíduo b	24	703,96	0,23	0,05	0,01	0,08	87,21
CV % (Solo)		13,63	19,05	22,95	19,05	26,82	34,92
CV % (Adubação)		9,15	12,97	20,83	12,97	10,44	44,62

^{ns}Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey, CV, coeficiente de variação.

APÊNDICE 3. Resumo da análise de variância dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, derivados do teste JIP, em plantas de *I. laurina* seis meses e um ano após o plantio em área de revegetação de base de poço de extração de petróleo.

	Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
			F_v/F_0	V_J	δR_0	ϕP_0	ϕE_0	
Seis meses após o plantio	Bloco	3	0,64 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
	Solo	1	1,68 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}
	Resíduo a	3	0,49	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00
	Adubação	4	0,13 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Solo x Adubação	4	0,33*	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00*	0,00 ^{ns}	0,01*
	Resíduo b	24	0,09	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
	CV % (Solo)		34,36	18,97	22,91	10,45	33,54	20,21
	CV % (Adubação)		14,88	9,56	15,37	5,80	17,17	11,22
	Fonte de Variação	GL	RC/CS ₀	ABS/RC	TR ₀ /RC	ET ₀ /RC	DI ₀ /RC	PI _{TOTAL}
	Bloco	3	1072,32 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,28 ^{ns}	20,54 ^{ns}
Solo	1	3109,40 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,07 ^{ns}	13,58 ^{ns}	
Resíduo a	3	1102,78	0,39	0,05	0,04	0,18	92,56	
Adubação	4	1455,44 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}	63,07 ^{ns}	
Solo x Adubação	4	1492,86 ^{ns}	0,74 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,40*	8,73 ^{ns}	
Resíduo b	24	568,72	0,31	0,05	0,02	0,13	30,24	
CV % (Solo)		11,84	11,28	19,60	11,28	22,70	37,18	
CV % (Adubação)		8,50	10,42	17,46	10,42	16,03	31,99	
Um ano após o plantio	Fonte de Variação	GL	F_v/F_0	V_J	δR_0	ϕP_0	ϕE_0	ϕD_0
	Bloco	3	0,19 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02*	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Solo	1	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Resíduo a	3	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Adubação	4	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Solo x Adubação	4	0,32 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Resíduo b	24	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	CV % (Solo)		9,52	9,08	8,13	3,01	11,17	9,05
	CV % (Adubação)		11,66	10,13	9,13	3,41	13,20	10,28
	Fonte de Variação	GL	RC/CS ₀	ABS/RC	TR ₀ /RC	ET ₀ /RC	DI ₀ /RC	PI _{TOTAL}
Bloco	3	1361,77 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	74,47*	
Solo	1	1404,70 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	51,76*	
Resíduo a	3	1334,90	0,03	0,01	0,01	0,01	4,28	
Adubação	4	277,40 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	21,55 ^{ns}	
Solo x Adubação	4	691,72 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	48,33 ^{ns}	
Resíduo b	24	826,85	0,12	0,04	0,01	0,03	24,54	
CV % (Solo)		14,44	5,41	7,03	5,41	9,60	16,95	
CV % (Adubação)		11,37	10,52	8,66	23,75	11,37	41,25	

^{ns}Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey, CV, coeficiente de variação.

APÊNDICE 4. Resumo da análise de variância dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, derivados do teste JIP, em plantas de *M. guianensis* seis meses e um ano após o plantio em área de revegetação de base de poço de extração de petróleo.

	Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					ϕD_0	
			F_V/F_0	V_J	δR_0	ϕP_0	ϕE_0		
Seis meses após o plantio	Bloco	3	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	
	Solo	1	2,57 ^{ns}	0,10*	0,24*	0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}	
	Resíduo a	3	0,82	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	
	Adubação	4	0,12 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	
	Solo x Adubação	4	0,11 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	
	Resíduo b	24	0,18	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
	CV % (Solo)		34,48	15,48	24,04	11,70	26,02	29,32	
	CV % (Adubação)		15,99	13,38	15,32	6,47	17,33	16,21	
		Fonte de Variação	GL	RC/CS ₀	ABS/RC	TR ₀ /RC	ET ₀ /RC	DI ₀ /RC	PI _{TOTAL}
	Bloco	3	1342,89 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,13 ^{ns}	117,44*	
Solo	1	6076,96 ^{ns}	2,98 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,11*	1,18 ^{ns}	121,70*		
Resíduo a	3	2197,24	0,89	0,14	0,00	0,33	3,70		
Adubação	4	345,82 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	120,84 ^{ns}		
Solo x Adubação	4	921,53 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}	248,10 ^{ns}		
Resíduo b	24	881,84	0,40	0,05	0,01	0,18	179,95		
CV % (Solo)		13,85	20,90	37,21	20,90	3,81	74,80		
CV % (Adubação)		8,77	12,88	25,04	12,88	12,87	55,37		
Um ano após o plantio		Fonte de Variação	GL	F_V/F_0	V_J	δR_0	ϕP_0	ϕE_0	ϕD_0
	Bloco	3	0,45*	0,01*	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00*	0,00 ^{ns}	
	Solo	1	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	
	Resíduo a	3	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Adubação	4	0,10 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	
	Solo x Adubação	4	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	
	Resíduo b	24	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	CV % (Solo)		6,34	4,12	10,01	2,30	5,07	7,46	
	CV % (Adubação)		8,77	12,86	11,71	2,82	12,25	8,90	
		Fonte de Variação	GL	RC/CS ₀	ABS/RC	TR ₀ /RC	ET ₀ /RC	DI ₀ /RC	PI _{TOTAL}
Bloco	3	3781,15 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	27,31 ^{ns}		
Solo	1	1458,30 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	107,85 ^{ns}		
Resíduo a	3	5156,54	0,09	0,04	0,01	0,01	10,97		
Adubação	4	1243,46 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	29,56 ^{ns}		
Solo x Adubação	4	944,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	30,39 ^{ns}		
Resíduo b	24	791,41	0,09	0,04	0,01	0,01	37,05		
CV % (Solo)		21,64	12,40	14,01	12,40	9,85	22,64		
CV % (Adubação)		8,48	12,10	13,79	12,10	10,73	22,26		

^{ns}Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey, CV, coeficiente de variação.

APÊNDICE 5. Resumo da análise de variância dos parâmetros da fluorescência da clorofila *a*, derivados do teste JIP, em plantas de *G. brasiliensis* seis meses e um ano após o plantio em área de revegetação de base de poço de extração de petróleo.

	Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
			F_v/F_0	V_J	$\bar{\delta}R_0$	ϕP_0	ϕE_0	ϕD_0
Seis meses após o plantio	Bloco	3	0,03 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Solo	1	0,79*	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}
	Resíduo a	3	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
	Adubação	4	0,17*	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00*	0,01 ^{ns}	0,01*
	Solo x Adubação	4	0,38*	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00*	0,00 ^{ns}	0,00*
	Resíduo b	24	0,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	CV % (Solo)		5,60	14,09	20,72	4,15	20,41	8,67
	CV % (Adubação)		6,70	16,75	11,04	2,81	18,86	7,49
	Fonte de Variação	GL	RC/CS ₀	ABS/RC	TR ₀ /RC	ET ₀ /RC	DI ₀ /RC	PI _{TOTAL}
	Bloco	3	673,16 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}	7,12 ^{ns}
Solo	1	2131,02 ^{ns}	0,95 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,43 ^{ns}	7,89 ^{ns}	
Resíduo a	3	2866,20	0,55	0,09	0,01	0,22	10,19	
Adubação	4	2205,23 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,23 ^{ns}	40,86 ^{ns}	
Solo x Adubação	4	819,23 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	21,11 ^{ns}	
Resíduo b	24	1039,64	0,18	0,02	0,01	0,09	22,87	
CV % (Solo)		17,78	17,53	27,29	17,53	8,55	47,16	
CV % (Adubação)		10,71	8,63	15,76	8,63	12,09	29,87	
Um ano após o plantio	Fonte de Variação	GL	F_v/F_0	V_J	$\bar{\delta}R_0$	ϕP_0	ϕE_0	ϕD_0
	Bloco	3	0,44 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Solo	1	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Resíduo a	3	0,52	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Adubação	4	0,55*	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01*	0,00 ^{ns}	0,01*
	Solo x Adubação	4	0,11 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}
	Resíduo b	24	0,14	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	CV % (Solo)		28,52	25,74	18,32	10,58	25,41	25,60
	CV % (Adubação)		14,60	16,90	13,72	5,68	14,38	13,75
	Fonte de Variação	GL	RC/CS ₀	ABS/RC	TR ₀ /RC	ET ₀ /RC	DI ₀ /RC	PI _{TOTAL}
Bloco	3	3790,79 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,17 ^{ns}	45,94 ^{ns}	
Solo	1	13071,48 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}	52,01 ^{ns}	
Resíduo a	3	9872,71	0,47	0,06	0,00	0,21	58,03	
Adubação	4	6288,29 ^{ns}	0,46*	0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,25*	8,93 ^{ns}	
Solo x Adubação	4	12233,00 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	33,29 ^{ns}	
Resíduo b	24	6391,07	0,16	0,03	0,02	0,09	37,59	
CV % (Solo)		28,23	14,50	29,21	14,50	6,54	63,27	
CV % (Adubação)		22,71	9,84	17,22	9,84	13,98	40,75	

^{ns}Não significativo, *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey, CV, coeficiente de variação.

APÊNDICE 6. Aparelho portátil Handy-PEA, utilizado nas medições da fluorescência da clorofila *a*.



APÊNDICE 7. Clipes foliares, utilizados para oxidação dos centros de reação.



APÊNDICE 8. Medições da fluorescência da clorofila *a*.

