



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**INSTITUTO DE EDUCAÇÃO, AGRICULTURA E AMBIENTE**  
**CAMPUS VALE DO RIO MADEIRA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

---

**CAMILA ANDREIA COSTA DE PAULA**

**Avaliação da influência de diferentes tipos de solos no crescimento de plantas de *Solanum sessiliflorum* a partir de análises fisiológicas**

**HUMAITÁ – AMAZONAS**  
**2022**

**CAMILA ANDREIA COSTA DE PAULA**

**Avaliação da influência de diferentes tipos de solos no crescimento de plantas de *Solanum sessiliflorum* a partir de análises fisiológicas**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, para obtenção do título de Magister Scientiae.

**Orientador:** Prof. Dr. João Henrique Frota Cavalcanti

**Coorientadora:** Dra. Priscila Oliveira Silva

**HUMAITÁ – AMAZONAS**  
**2022**

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P324a Paula, Camila Andreia Costa de  
Avaliação da influência de diferentes tipos de solos no crescimento de plantas de *Solanum sessiliflorum* a partir de análises fisiológicas / Camila Andreia Costa de Paula . 2022  
53 f.: il.; 31 cm.

Orientador: João Henrique Frota Cavalcanti  
Coorientadora: Priscila Oliveira Silva  
Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Ecofisiologia vegetal. 2. *Solanum sessiliflorum* (Cubiu - Maná cubiu). 3. Fisiologia vegetal. 4. Fotossíntese. 5. Parâmetros fisiológicos. I. Cavalcanti, João Henrique Frota. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico ao Deus Eterno, pela vida e por  
todas oportunidades que me concede.*

*A minha Mãe e Irmã; Maria A. Costa de  
Paula e Luizy Karolliny de Paula Lamana  
por todo amor, carinho, ensinamento,  
exemplo e paciência.*

*Com carinho, dedico.*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, Pelas bênçãos sem medidas concebida em minha vida e pela graça de poder sonhar e realizar meus sonhos me levando a lugares que jamais imaginei ir.

À minha Mãe Maria A. Costa de Paula por toda força, confiança e orações durante toda essa jornada além do carinho e afeto.

À minha irmã Luizy Karolliny de Paula Lamana por todo apoio durante momentos difíceis e acreditar em mim.

À todos os meus Familiares pelo cuidado e pela torcida até essa etapa.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Henrique Frota Cavalcanti, pela paciência, ensinamentos, comprometimento e disposição em me orientar em benefício do meu crescimento profissional.

À Professora Dr. Priscila Oliveira Silva, sendo uma mãe científica a mim, pelos ensinamentos ao longo do meu período de Pós-Graduação.

À toda equipe do Grupo de Pesquisa em Bioquímica e Fisiologia de Plantas Tropicais: Prof. Dr Adamir, Prof. Dr. Dalton, Priscila, Ely, Laís, Oziel, Lucas.

Aos meus Amigos, por tornarem a vida mais leve e por torcerem durante cada conquista.

À Universidade Federal do Amazonas pela oportunidade de realização do curso de mestrado em Ciências Ambientais

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM

Enfim, a todos que de maneira direta ou indiretamente participaram e contribuíram para que fosse possível a conclusão de mais esta etapa, sou sinceramente grata.

## RESUMO

PAULA, Camila Andreia Costa. **Avaliação da influência de diferentes tipos de solos no crescimento de plantas de *Solanum sessiliflorum* a partir de análises fisiológicas.** 2022. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Humaitá – AM, 2022. Orientador: Prof. Dr. João Henrique Frota Cavalcanti

Com aproximadamente sete bilhões de pessoas no planeta e perspectiva de alcançar 10 bilhões até 2050. Assim, segurança alimentar é um desafio para os próximos anos principalmente sabendo que cerca de dois bilhões de pessoas sofrem com deficiências nutricionais. Evidências convincentes tem sido mostrada que a exploração da diversidade genética no qual uso de espécies silvestres com parentesco em espécies comerciais largamente cultivadas podem ser utilizadas para a dieta humana. Neste contexto, *Solanum sessiliflorum*, uma espécie domesticada pelos indígenas Amazônicos, com elevado valor nutricional em seus frutos pode ajudar, parcialmente, solucionar a produção de alimentos ao menos regionalmente. Logo, promover estudos de ecofisiologia deve trazer luz a respeito do ciclo de vida, produtividade e interações biofísicas com ambiente de *Solanum sessiliflorum*. Dito isso, interação planta-solo é um dos efeitos mais influentes no crescimento do vegetal. Devido as características geológicas e extensão da região Amazônica, esta apresenta uma ampla variedade contrastantes de solos. Por isso, esse trabalho objetivou investigar a influência de diversos tipos de solos amazônicos para o crescimento de plantas de *Solanum sessiliflorum*. Para isso, plantas de *Solanum sessiliflorum* foram crescidas em seis diferentes tipos de solos e avaliadas após 15 e 30 dias nos respectivos solos. Neste momento, foram realizadas análises de solos, biométricas e fisiológicas. De maneira geral, foi verificado que as plantas crescidas em TPA apresentaram os melhores parâmetros de crescimento e fisiológico enquanto gleissolo revelou menor crescimento e aparentemente o solo menos adequado para crescimento de *Solanum sessiliflorum*. Tomado em conjunto com os dados fotossintéticos e de respiração, é provável que maior crescimento de *Solanum sessiliflorum* em solos que promovem maior taxas respiratória e estejam relacionadas a respiração de crescimento em que o processo respiratório fornece intermediários bioquímicos para sustentar processos de biossíntese. Com relação a nutrientes foliar, acumulação diferencial de nutrientes em muitas vezes é acompanhada pela disponibilidade dos solos. Não obstante, alguns casos, nutrientes como Boro são acumulados em folhas de plantas crescidas em gleissolo mesmo quando este elemento encontra-se em quantidades semelhantes nos demais tipos de solos. Os resultados aqui apresentados são os primeiros ensaios de interação planta-solo e estudos de ecofisiologia. Ademais, em projetos futuros esses achados permitirão prover as bases científicas para aprimorar o crescimento desta cultura (cubiu) no Amazonas.

**Palavra – chaves:** Ecofisiologia, *Solanum sessiliflorum* (Cubiu – Maná Cubiu), Fisiologia vegetal, Fotossíntese, Parâmetros fisiológicos

## ABSTRACT

PAULA, Camila Andreia Costa. **Evaluation of the influence of different types of soils on the growth of *Solanum sessiliflorum* plants from physiological analysis.** 2022. Master Degree (Course of Post-Graduate of Environmental Science) – Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Humaitá – AM, 2022. Advisor: Prof. Dr. João Henrique Frota Cavalcanti

With approximately seven billion people on the planet and the prospect of reaching 10 billion by 2050. Thus, food security is a challenge for the next few years, especially given that around two billion people suffer from nutritional deficiencies. Compelling evidence has been shown that exploiting genetic diversity in which use of wild species related to widely cultivated commercial species can be utilized for the human diet. In this context, *Solanum sessiliflorum*, a species domesticated by Amazonian indigenous peoples, with high nutritional value in its fruits, can partially help to solve food production, at least regionally. Therefore, promoting ecophysiology studies should shed light on the life cycle, productivity and biophysical interactions with the *Solanum sessiliflorum* environment. That said, plant-soil interaction is one of the most influential effects on plant growth. Due to the geological characteristics and extension of the Amazon region, it presents a wide variety of contrasting soils. Therefore, this work aimed to investigate the influence of different types of Amazonian soils on the growth of *Solanum sessiliflorum* plants. For this purpose, *Solanum sessiliflorum* plants were grown in six different types of soils and evaluated after 15 and 30 days in the respective soils. At this time, soil, biometric and physiological analyzes were carried out. In general, it was found that plants grown in TPA had the best growth and physiological parameters, while gleissol showed less growth and apparently the least suitable soil for the growth of *Solanum sessiliflorum*. Taken together with photosynthetic and respiration data, it is likely that increased growth of *Solanum sessiliflorum* in soils that promote higher respiratory rates is related to growth respiration where the respiratory process provides biochemical intermediaries to support biosynthetic processes. With respect to foliar nutrients, differential nutrient accumulation is often accompanied by soil availability. However, in some cases, nutrients such as Boron are accumulated in flat leaves grown in gleissole even when this element is found in similar amounts in other types of soil. The results presented here are the first plant-soil interaction assays and ecophysiology studies. Furthermore, in future projects, these findings will provide the scientific basis to improve the growth of this culture (cubiu) in Amazonas.

**Keywords:** Ecophysiology, *Solanum sessiliflorum* (Cubiu – Maná cubiu), Plant physiology, Photosynthesis, Physiological parameters

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AC</b>	<b>Alturado Caule</b>
<b>Al</b>	<b>Alumínio</b>
<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>Cátion de Alumínio</b>
<b>An</b>	<b>TaxadeassimilaçãodeCO<sub>2</sub>(fotossínteselíquida)</b>
<b>An/E</b>	<b>Eficiência dousodaágua</b>
<b>Ca</b>	<b>Cálcio</b>
<b>Ci</b>	<b>Concentração interna de carbono (CO<sub>2</sub>)</b>
<b>cm</b>	<b>Centimetro</b>
<b>CR</b>	<b>Comprimento da Raiz</b>
<b>Cu</b>	<b>Cobre</b>
<b>DC</b>	<b>Diametro do caule</b>
<b>E</b>	<b>Transpiração</b>
<b>EiC</b>	<b>Eficiência instantânea da carboxilação</b>
<b>EROs</b>	<b>Espécies reativas deoxigênio</b>
<b>Fe</b>	<b>Ferro</b>
<b>Fv/Fm</b>	<b>Eficiência quântica máxima do PSII</b>
<b>g</b>	<b>Grama</b>
<b>gs</b>	<b>Condutânciaestomática</b>
<b>H</b>	<b>Hidrogênio</b>
<b>H<sup>+</sup></b>	<b>Cátion de Hidrogênio</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>Água</b>
<b>K</b>	<b>Potássio</b>
<b>L<sup>-1</sup></b>	<b>Litro</b>
<b>MFC</b>	<b>Massa fresca do caule</b>
<b>MFF</b>	<b>Massa fresca foliar</b>
<b>MFR</b>	<b>Massa fresca da raiz</b>
<b>Mg</b>	<b>Magnésio</b>
<b>Mn</b>	<b>Manganês</b>
<b>MSF</b>	<b>Massa seca foliar</b>
<b>MSR</b>	<b>Massa secada raiz</b>
<b>N</b>	<b>Nitrogênio</b>



<b>NaClO</b>	<b>Hipoclorito de Sódio</b>
<b>NF</b>	<b>Número de folhas</b>
<b>NQP</b>	<b>Quenching não-fotoquímico</b>
<b>O<sub>2</sub></b>	<b>Oxigênio</b>
<b>P</b>	<b>Fósforo</b>
<b>qP</b>	<b>Quenching fotoquímico</b>
<b>Rd</b>	<b>Respiração</b>
<b>S</b>	<b>Enxofre</b>
<b>TR</b>	<b>Tamanho da raiz</b>
<b>Zn</b>	<b>Zinco</b>
<b>μMol</b>	<b>Micro mol</b>

## LISTA DE FIGURA

- Figura 1. Influência de diferentes tipos de solos Amazônicos na variação morfológica da parte aérea ao longo do desenvolvimento vegetativo de plantas de *Solanum sessiliflorum*..... 26
- Figura 2. Participação de biometria e biomassa em plantas de *Solanum sessiliflorum* submetidas a diferentes tipos de solos. (a) Altura (b) diâmetro do caule (c) Raiz (d) Numero de folhas (e) Massa seca folhas. (f) Massa seca caule. (g) Massa seca raiz. Barras representam médias de cinco repetições  $\pm$  erro padrão. Letra maiúscula comparação de cada tratamento entre os dias (Decimo Quinto e Trigésimo dia) letra minúscula entre os tratamentos de um respectivo dia de análise. (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). As barras dos gráficos representam o  $\pm$  erro padrão. .... 27
- Figura 3. (a) Fotossíntese líquida  $An$ . (b) Condutância estomática  $gs$ . (c) Transpiração  $E$ . (d) Concentração interna de  $CO_2$ . (e) Eficiência da carboxilação da rubisco ( $An/Ci$ ). (f) Uso eficiente da água  $An/E$  (g) Respiração  $Rd$ . em folhas de *Solanum sessiliflorum* submetida a diferentes tipos de solos da Amazônia (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). .... 29
- Figura 4. (a) Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II ( $Fv/Fm$ ) (b) *quenching* não fotoquímico ( $NQP$ ). (c) *quenching* fotoquímico ( $qP$ ) de *Solanum sessiliflorum* sob diferentes tipos de solos da Região Amazônica. Letra maiúscula comparação de cada tratamento entre os dias (Decimo Quinto e Trigésimo dia) letra minúscula entre os tratamentos de um respectivo dia de análise. (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). .... 31
- Figura 5. Quantificação dos macronutrientes do tecido vegetal de *Solanum sessiliflorum* submetidas a diferentes tipos de solos. (a) Nitrogênio, (b) Fósforo, (c) Potássio, (d) Enxofre, (e) Cálcio, (f) Magnésio. Barras de erro representam  $\pm$  erro padrão. Letra maiúscula comparação de cada tratamento entre os dias (Decimo Quinto e Trigésimo dia) letra minúscula entre os tratamentos de um respectivo dia de análise. (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). .... 33
- Figura 6. Quantificação dos micronutrientes do tecido vegetal de *Solanum sessiliflorum* submetidas a diferentes tipos de solos. Ferro (Fe), Boro (B), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Sódio (Na). Barras de erro representam  $\pm$  erro padrão. Letra maiúscula comparação de cada tratamento entre os dias (Decimo Quinto e Trigésimo dia) letra minúscula entre os tratamentos de um respectivo dia de análise. (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). .... 34
- Figura 7. A análise dos componentes principais (PCA) das variáveis químicas, biométricas e fisiológicas dos diferentes perfis de solos ..... 36

## LISTA DE TABELA

Tabela 1. Valores médios dos atributos químicos do solo.  $\text{Al}^{+3}$  H+A, Na, K, Ca, Mg, SB, CTC  $\text{mmolc/dm}^3$  | V%, P, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn  $\text{mg/dm}^3$  | PH  $\text{CaCl}_2$  | MO  $\text{g/dm}^3$  .....24

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA.....	15
3.1 Solos da região Amazônica.....	15
3.2 Nutrientes dos solos.....	17
3.3 Fotossíntese e Fluorescência.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 Coleta e preparo dos diferentes tipos de solos.....	20
4.1.1 Determinação dos parâmetros físico-químicos do solo.....	20
4.1.2 Quantificação dos elementos em solo.....	20
4.2 Material vegetal e condução do experimento.....	21
4.3 Análise dos parâmetros de crescimento da parte vegetativa.....	21
4.4 Parâmetros de fluorescência e trocas gasosas.....	22
4.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	22
5. RESULTADOS.....	24
5.1 Caracterização das propriedades químicas dos solos avaliados.....	24
5.2. Comparação dos traços biométricos de <i>Solanum sessiliflorum</i> entre os diferentes tipos de solos.....	25
5.3 Diferentes tipos de solos impactam mais as trocas gasosas de <i>Solanum sessiliflorum</i> do que parâmetros de fluorescência.....	28
5.4. Dinâmica de acumulação de nutrientes minerais em folhas de <i>Solanum sessiliflorum</i> influenciadas pelos diferentes tipos de solos.....	30
5.5 Análise de componente principal (PCA) revelam as principais variações encontradas entre os diferentes tipos de solos.....	35
6. DISCUSSÃO.....	37
6.1 Propriedades dos solos avaliados.....	37
6.2 Traços biométricos de <i>Solanum sessiliflorum</i> entre os diferentes tipos de solos e o acúmulo de nutrientes minerais em folhas de <i>Solanum sessiliflorum</i> .....	38
6.3 Trocas gasosas e parâmetros de fluorescência.....	39
6.4 Acúmulo de nutrientes minerais em folhas de <i>Solanum sessiliflorum</i> .....	40
7. CONCLUSÃO.....	43
8.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	43

## 1. INTRODUÇÃO

Com aproximadamente sete bilhões de pessoas no planeta e perspectiva de alcançar 10 bilhões até 2050 de acordo com relatórios das Nações Unidas (2017), segurança alimentar é, na verdade, um desafio para os próximos anos principalmente sabendo que cerca de dois bilhões de pessoas sofrem com deficiências nutricionais (Tulchinsky, 2010). Para solucionar essa questão, contudo, é mais complexa se considerarmos que o aumento na exploração de terras agrícolas, ao longo das últimas décadas, culminaram em um massivo dano no ecossistema (Ramankutty et al., 2018). Portanto, esforços para uma agricultura moderna são indispensáveis para criar estratégias para alimentar bilhões de pessoas ao mesmo tempo sem exploração de novas terras aráveis e, conseqüentemente, manter um ambiente saudável (Smith e Gregory, 2013; Rizvi et al., 2018). Embora o uso de novas tecnologias aplicadas na agricultura, como uso de plantas modificadas geneticamente possibilitem aumentar a produção de alimentos de maneira impressionante (Macree, 2016), evidências convincentes têm sido sistematicamente mostradas que a exploração da diversidade genética no qual uso de espécies silvestres com parentesco em espécies comerciais largamente cultivadas podem ser incorporados em programas de melhoramento genético (Alonso-Blanco et al., 2009).

Esse fato a partir, região Amazônica abrange uma ampla quantidade de espécies nativas desconhecidas para a dieta humana. Por exemplo, *Solanum sessiliflorum* uma espécie pertencente à família Solanaceae chamada de tomate de índio ou cubiu domesticada pelos indígenas Amazônicos. *Solanum sessiliflorum* é caracterizada como uma planta alimentícia não convencional (PANC) e devido ao alto valor nutricional em seus frutos pode ajudar, parcialmente, solucionar a produção de alimentos ao menos regionalmente (Tuler et al., 2019). No geral, fruto de *Solanum sessiliflorum* é rico em vitamina A e C, ferro, niacina dentre outros e consumida como suco, geleia ou consumida *in natura*. Não obstante, o uso dessa espécie pelas indústrias cosmética e farmacêuticas é, também, bem disseminado (Silva-Filho, 2002). Apesar da qualidade nutricional presente em *Solanum sessiliflorum* e pelo fato de ser produzido em formato de agricultura de subsistência, caracterizada pela baixa produtividade e por alimentar pequenas comunidades, essa espécie permanece ainda pouco investigada com relação às suas características biológicas e, principalmente, relações ecofisiológicas. Talvez, a falta de informações e pesquisas com relação ao cultivo de *Solanum sessiliflorum* acentue para o baixo consumo e/ou conhecimento dessa planta até entre a população amazônica. Portanto, promover estudos de ecofisiologia deve trazer luz a respeito do ciclo de vida, produtividade e interações biofísicas com ambiente de *Solanum sessiliflorum*. Dito isso, interação planta-solo é um dos efeitos mais influentes no crescimento do vegetal (Baldeck et al. 2013). Essa influência da

estrutura dos solos no crescimento pode ocorrer de diversas maneiras (Passioura, 1991). Por exemplo, raízes podem crescer mais rapidamente em solos pouco compactos do que solos compactos. Contudo, o contato das raízes em solos compactos pode desfavorecer o consumo água e/ou nutrientes pelo limitado contato entre as fases sólidas e líquidas do solo e raiz.

Devido as características geológicas e extensão da região Amazônica, esta apresenta uma ampla variedade contrastantes de solos. Logo, resultando em significativas alterações na diversidade de estrutura da vegetação correlacionado com os tipos de solo (Quesada et al., 2009). De maneira geral, no Amazonas predomina-se o latossolo amarelo e vermelho, localizado em áreas de terra firme, este tipo de solo apresenta como características ser ácidos e inférteis, possivelmente, também, pela alta concentração de alumínio depositado. Por outro lado, solos férteis também podem ser encontrados na região Amazônica. Por exemplo, Terra Preta Arqueológica (TPA) no qual apresenta altos níveis de matéria orgânica provenientes do uso e manejo do solo por ações antrópicas realizadas pelas comunidades indígenas ao longo do tempo. Ainda, solo de Várzea possui uma boa fertilidade, mas a composição de nutrientes presentes neste tipo de solo é sazonal uma vez que necessita que o depósito de sedimentos em sua superfície seja feito pelas variações de cheias dos rios (Almeida et al., 2004; Cunha et al., 2007). Contudo, novamente, pouco é conhecido a respeito às relações entre plantas e solos Amazônicos (Flores et al., 2020).

Embora um pequeno número de estudos tem demonstrado o impacto do tipo de solo em plantas amazônicas não convencionais (Kinupp e Lorenzi, 2014), fortes evidências apontam para uma correlação qualidade e segurança alimentar e tipos de solo. Por exemplo, estudo realizado por Aguirre-Neira (2020) mostrou variações em características organolépticas em *Myciaria dubia* (camu-camu), árvore como alto conteúdo de ascorbato em seus frutos, cultivados em Tarapacá, Colombia. Esses achados podem ser explicados, ao menos parcialmente, pelas diferenças nas propriedades físico-químicas dos diferentes tipos de solos encontradas em Tarapacá. Ademais, estudos anteriores foi mostrado que solos alagados com fertilidade moderada culminaram em frutos com conteúdo mais elevado de ascorbato (Pinedo-Panduro, 2012; Abanto-Rodriguez et al., 2016). Tendo isso em mente, uma cuidadosa atenção deve ser dada para esses trabalhos. No caso de *Solanum sessiliflorum*, os poucos estudos como essa espécie foram realizados com solos com baixa fertilizada resultando em uma incorreta conclusão que esta espécie pode ser altamente produtiva mesmo em tais condições (Serenio et al., 2017). Na verdade, *Solanum sessiliflorum* está adaptada a uma ampla variedade de solos; solos ácidos de baixa fertilizada até solos alcalinos e férteis (Silva-Filho, 1998). Ademais, considerando que a maior concentração do cultivo de *Solanum sessiliflorum* ocorre na

Amazônia, novos estudos devem ser feitos em outras paisagens/biomas ou mesmo contrastantes áreas.

Dito isso, tendo em mente a heterogeneidade de solos amazônicos este estudo objetiva investigar a influência de uma série de solos do Sul do Estado do Amazonas no crescimento vegetativo de *Solanum sessiliflorum* utilizando parâmetros biométricos, fisiológicos e de nutrição mineral. Por fim, quando esses parâmetros são tomados em conjuntos e submetidos a análises multivariadas foi possível identificar quais as componentes chaves que influenciam o crescimento de *Solanum sessiliflorum* em cada tipo de solo estudado.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar o comportamento ecofisiológico de *Solanum sessiliflorum* em relação aos diferentes tipos de solos da Região Amazônica e como estes influenciam o crescimento vegetativo de *Solanum sessiliflorum*.

### **2.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar as propriedades físicas e químicas de cinco tipos de solos presentes no Sul do Estado do Amazonas;
- b. Determinar por parâmetros biométricos a influência dos diferentes tipos de solos no crescimento vegetativo de *Solanum sessiliflorum*;
- c. Avaliar o efeito dos tipos de solos nos processos fisiológicos de plantas de *Solanum sessiliflorum*;
- d. Determinar a dinâmica de acúmulo de nutrientes minerais em folhas *Solanum sessiliflorum* a partir de tipos de solos com teores diferenciados de fertilidade;
- e. Utilizar análises multivariadas para identificar quais os componentes chaves que influenciam o crescimento de *Solanum sessiliflorum* em cada tipo de solo estudado.

## **3. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA**

### **3.1 Solos da região Amazônica**

O termo designado ao solo tende a se referir sobre a camada externa agricultável, originário do processo de intemperismo advindo de agentes químicos, físicos e biológicos de degradação, decomposição e recombinação (REICHARDT, 2004).

Lima, (2001) divide os solos da região amazônica em dois ecossistemas “terra firme” e “várzea”. Denomina-se Várzea às planícies de inundação fluvial sazonais de deposição holocênica com rios de águas barrentas ricas de material em suspensão, tais como Solimões, Purus e Madeira. Para Campos et al. (2007) a topografia tem sido frequentemente relatada como sendo causa de variações nos atributos do solo que se refletem na vegetação, conseqüentemente a mudanças nos atributos dos solos.

Segundo Campos et al. (2012), solos de terra firme da Amazônia por sua maioria é consideravelmente pobre nutricionalmente, ácidos e com baixa disponibilidade a trocas catiônicas devido os mecanismos de intemperização de rochas e lixiviação de metais alcalino terrosos e alcalinos, a elevação de precipitação da região permite a drenagem de água e percolação, aumentando o intemperismo como Pedoambientes de campo alto e Floresta a ocorrência de Cambissolo Háplico e o Argissolo Vermelo e Latossolos.

Passando por processos de inundações o solo de Várzea são caracterizados por apresentarem sedimentos depositados em suas planícies a partir das águas dos rios, proporcionando a granulométrica e a mineralogia específica, variando apenas de local, devido ao acúmulo desses sedimentos o solo de Várzea é conhecido por ser um solo fértil Guimarães (2013).

Solos como de Várzea são eutróficos, com alta capacidade de trocas catiônicas para elementos como magnésio cálcio e em poucos casos sódio e alumínio, com teores representativos de areia fina e silte. (LIMA, 2001)

A EMBRAPA o classifica como Gelissolo Háplico com grande potencial nutritivo de fertilidade natural a cálcio, magnésio e fosforo trocáveis com mínimos teores de alumínio no solo (GONÇALVES, 2008).

Magalhães (2011), ao longo do tempo, descreve que comunidades ribeirinhas adquiriram conhecimentos observando os processos naturais do ambiente de acordo com a sazonalidade dos níveis de precipitações da região, em decorrência a cheias e vazantes dos rios, tomando como desenvolvimento de atividade agrícolas para sua sobrevivência nessas áreas de “terra caídas”. A palavra está associada de acordo com a dinâmica do ambiente que devido às alterações físicas e mecânicas dos solos, acabam decorrendo de desmoronamento dos barrancos.

Uma parcela dos solos de Várzea apresenta solos do tipo Gleissolos estes estão dispostos em periódicos excesso de água, comumente desenvolve em sedimentações próximo a afluentes, sujeito a condições hidromórficas, com formação em terraços fluviais, relevo planos, marinhos ou lacustes, dentre outros como depressões. Solos como Gleissolos são mal drenados e podem



está abaixo do horizonte A ou H as águas acumuladas podem se estagnar ou esta saturação acaba dispersando com fluxo lateral no solo. JACOMINE (2001); ROCHA et al. (2005).

Na região da Amazônia podem-se encontrar manchas de solos de coloração escura, solo comumente chamado de Terra Preta Arqueológica (TPA) teve surgimento a partir de ações humanas durante o período pré-colonial (Teixeira 2008).

Autores como Lima et al. (2002) acreditam, que essas áreas eram territórios de antigos assentamentos, pois encontram-se restos de cerâmicas como vestígios arqueológicos que possibilitam compreender melhor sobre essas regiões, a coloração escura com pré citado, se deve ao material orgânico decomposto, como de queimadas para fins de utilidade agrícola do solo apresentando grandes teores de Magnésio, Carbono, Fósforo, Cálcio, Zinco, Manganês, Campos et al. (2011) em seu trabalho encontrou níveis de Cálcio e Fosforo em alta quantidade possivelmente de ossos de animais e humanos.

De acordo com Steiner, et al (2004) os teores de carbono elevados encontrados neste solo, são os mesmo que desempenham o papel de retenção de nutrientes para estabilizar a matéria orgânica e sustentar a fertilidade do solo.

O Latossolos assim como os demais solos citados é predominante em toda a geografia do território brasileiro, na Amazônia apresenta conformidade geomorfológica de terras altas sendo o Latossolo amarelo distrófico o mais abundante na Região Amazônica (Cardoso et al., 2009). Caracterizando baixa fertilidade natural além de sofrer alterações ao longo do tempo devido à retirada da cobertura vegetal (AQUINO et al, 2014) Latossolos amazônicos apresentam deficiência em fósforo por decorrência dos processos de intemperismo, o potencial hidrogênionico desses substratos varia entre 4,0 a 5,5, categorizando Latossolo serem álicos, suas propriedades nutricionais baixas, com ocorrência de toxidez por alumínio (Sousa e Lobato 2005).

### **3.2 Nutrientes dos solos**

A absorção de nutrientes pelas plantas ocorre de acordo com a solução do solo que entra em contato com as raízes e assim absorvidos, para que esse processo ocorra os solutos necessitam movimentar-se no solo através da água, ou fluxo de massa. Quando qualquer solução entra em contato com o solo acaba sendo absorvido pelas raízes ou até mesmo adsorvido pelo solo, no entanto por atributos químicos e físicos em ocorrência simultânea, algumas soluções podem precipitar em sucessão cíclica.

Para que haja produtividade e desenvolvimento entre as mais diversas culturas vegetais é indispensável o conhecimento e balanceamentos nutricionais dos macronutrientes como

micronutrientes em solos (MALAVOLTA, 2006). Ao se tratar destes, é indispensável ressaltar que os macronutrientes são utilizados em grande quantidade e os micronutrientes em baixa, no entanto todos esses nutrientes tem papéis fundamentais no desenvolvimento da planta, os macronutrientes respectivamente são: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S) e cálcio (Ca), os micronutrientes compõe principalmente; zinco (Zn), ferro (Fe), cloro (Cl), cobre (Cu) manganês (Mn), molibdênio (Mo), boro (B) (MENDES, 2007).

Segundo Rodrigues Neto (2017), esses elementos são encontrados no solo, quanto na biomassa vegetal, mesmo que encontrados no tecido do vegetal possui suas particularidades, dependendo principalmente do vegetal, desta forma a alguns critérios de avaliação que implica a relação desses elementos no ciclo de vida da planta, o desenvolvimento da parte aérea, e raiz podem sofrer alterações de acordo com o solo, principalmente como esses nutrientes estão compactados no mesmo (LEITE et al. 2003; MALAVOLTA, 1980). Dos nutrientes citados, o N é o que mais contribui para o crescimento das plantas, pois participa da síntese de proteínas (Malavolta, 2006). Para Kerbauy (2008) a deficiência de alguns nutrientes como nitrogênio e magnésio no solo ocasiona clorose nas folhas, interferindo no processo fotossintético.

### **3.3 Fotossíntese e Fluorescência**

A fotossíntese se divide em etapas: a fotoquímica e o ciclo de Calvin-Benson. A primeira ocorre na membrana do tilacóide em que os complexos de transporte de elétrons do cloroplasto, captam a luz solar e converte essa energia em NADPH e ATP. Esses produtos tardiamente serão usados pelo ciclo de Calvin-Benson onde ocorrerá a fixação do CO<sub>2</sub> atmosférico nos esqueletos de compostos orgânicos de acordo com a necessidade da célula. As plantas são organismos fotossintetizantes que utilizam a energia solar para sintetizar compostos carbonados a partir da energia luminosa. (BLANKENSHIP, 2002).

Mais especificamente, a energia luminosa dirige a síntese de carboidratos a partir do dióxido de carbono e água com a liberação de oxigênio. A energia armazenada nessas moléculas pode ser utilizada mais tarde para impulsionar processos celulares na planta e servir como fonte de energia para todas as formas de vida (TAIZ & ZEIGER, 2013).

A organela responsável pela fotossíntese (cloroplasto), abriga as reações mais importantes do processo: fotoquímica (nas membranas dos tilacóides) e carboxilação (no estroma do cloroplasto). A reação da fotoquímica convertem energia solar nos produtos finais da fotossíntese, que são utilizados para muitas reações celulares. O NADPH e o ATP são sintetizados principalmente pelo transporte linear de elétrons da água para o NADP<sup>+</sup>. Acoplados a esse transporte de elétrons, os prótons H<sup>+</sup> são liberados pela quebra de água no fotossistema

II (PSII) e no ciclo da quinona (Q) no complexo citocromo (Cyt)  $b_6/f$ . Todo esse complexo de eventos acontecem na membrana do tilacoide (VOLLMAR et al.,2009)

Com absorção da luz pela clorofila ocorre a excitação da mesma, ou seja, ela passa de um estado basal para um estado de elevada energia e necessita dissipá-la por meio da transferência dos elétrons adquiridos pelos complexos do fotossistema, o fotossistema II (PSII) e o fotossistema I (PSI). Caso esse complexo esteja comprometido por algum motivo, a planta tem a necessidade de dissipar essa energia, como por exemplo através da fluorescência. Os produtos finais das reações ocorridas no tilacóide são os compostos de alta energia ATP e NADPH, os quais são utilizados para a síntese dos açúcares.

Os produtos gerados como ATP e NADPH serão utilizados na próxima etapa da fotossíntese, ciclo de Clavin-Benson, localizada no estroma do cloroplasto, para as reações de fixação do carbono em uma molécula de gliceraldeído-3-fosfato (G3P), onde esta passará por vários processos químicos (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Ao absorver a energia luminosa por pacote de energias chamadas fótons, os pigmentos fotossintetizantes podem dissipar o excesso de energia proveniente da luz por meio de três formas: dissipação fotoquímica (utilizada na fotossíntese), fluorescência (reemissão na forma de luz) e dissipação não fotoquímica (reemissão na forma de calor) (COMPOSTRINI, 2019).

Quando liberada energia na forma de calor caracteriza como *quenching* não fotoquímico (NPQ), e a fluorescência trabalham como saídas de emergência quando à algum problema no ciclo natural da fotossíntese, problema este que pode ser causado, por algum estresse no vegetal, seja por toxidez, hídrico ou nutricional. Com o processo fotossintético comprometido pela falta de CO<sub>2</sub>, a planta procura outros meios para a liberação dos elétrons acumulados no fotossistema, pois a presença de elétrons advindos da absorção de luz solar pela clorofila a causam a formação de radicais livres, espécies reativas de oxigênio (EROS), que são altamente nocivas aos tecidos vegetais. Nesse momento entram em ação o processo de dissipação de energia pela fluorescência ou pelo calor (NPQ), dessa forma ocorrerá a diminuição de elétrons no PSII diminuindo assim as chances de formação de EROS (BAKER, 2008).

Variáveis observadas nas medições da fluorescência da clorofila *a* são: fluorescência inicial (F<sub>0</sub>), máxima (F<sub>m</sub>), variável (F<sub>v</sub>) e rendimento quântico máximo do PSII (F<sub>v</sub>/F<sub>m</sub>). O F<sub>0</sub> representa a fluorescência com todos os centros de reação “abertos” e refere-se à emissão de fluorescência pelas moléculas de clorofila *a* do complexo coletor de luz do PSII. O F<sub>m</sub> indica a completa redução da quinona A (Q<sub>A</sub>) a partir da incidência de um pulso de luz na fluorescência variável (F<sub>v</sub>), que representa o fluxo de elétrons do centro de reação do PSII (P680) até a

plastoquinona (PQH<sub>2</sub>). O rendimento quântico é calculado como:  $F_v/F_m = \frac{(F_m - F_0)}{F_m}$ . Dessa forma, a habilidade em manter elevadas razões  $F_v/F_m$  sob estresse, pode ser um indicativo de eficiência no uso da radiação pela fotoquímica e pela assimilação de carbono, assim como uma resposta relativamente rápida de  $F_v/F_m$  ao estresse moderado pode ser um indicativo de fotoinibição associada a danos no PSII (MAXWELL & JOHNSON, 2000).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Coleta e preparo dos diferentes tipos de solos**

Os solos utilizados foram coletados no município de Humaitá, Amazonas, coordenadas geográficas 07° 30' S e 63° 01' W, onde apresentam diferentes perfis físico-químicos (Solos: Floresta, Gleissolo, Latossolo, Terra Preta Arqueológica, Várzea), (CARDOSO et al., 2009; SILVA; MACHADO, 2000; SCHAEFER et al., 2000). Após a coleta, os diferentes tipos de solos foram secos a sombra e levemente destorroados. Feito isso, os solos foram passados em peneira de dois milímetros para deixá-los homogêneos. Ademais, foi adicionado nesse estudo Substrato comercial Tropstrato Floreiras e Vasos – Vida Verde® (composto por: turfa, superfosfato simples, casca de pinus e carvão vegetal, descrito pelo fabricante) como forma de um controle já bem ajustado ao crescimento de plantas de *Solanum sessiliflorum* (Cordeiro, 2021).

#### **4.1.1 Determinação dos parâmetros físico-químicos do solo**

Uma porção das amostras de solos já secas à sombra, destorroadas e peneiradas foram utilizadas para mensurar o pH. A medição do potencial hidrogeniônico ocorreu por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo: líquido (água) na proporção 1:2,5 seguindo a metodologia proposta pela Embrapa (2017).

#### **4.1.2 Quantificação dos elementos em solo**

Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) foram analisados através do método DTPA à espectrofotometria de absorção atômica. Potássio, Cálcio e Magnésio a partir do método de resina trocadora de íons por espectrofotometria de absorção atômica todos estes analisados por (Espectrofotômetro de Absorção Atômica). O alumínio trocável foi analisado pelo método de cloreto de potássio sob titulometria, fósforo em resina trocadora de íons molibdato de amônio em (Espectrofotômetro VIS). S-SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> (Enxofre) por meio do método fosfato monocálcico turbidimétrico sulfato de bário em (Espectrofotômetro VIS).

## 4.2 Material vegetal e condução do experimento

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação no Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente (IEAA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Campus Vale do Rio Madeira, Humaitá, AM. As sementes de *Solanum sessiliflorum* Dunal, etnovariedade 1, foram cedidas pelo Dr. Danilo Fernandes Silva-Filho do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. A germinação e preparo das planas foram realizadas como descrito por Cordeiro, 2021. De maneira geral, as sementes de *Solanum sessiliflorum* foram esterilizadas em sua superfície utilizando hipoclorito de sódio (NaClO) comercial (2 a 2,5%) sob constante agitação a cerca de 20 minutos. Em seguida, lavadas com água destilada para retirada o excesso de NaClO e postas sobre bandejas com papel filtro para retirada do excesso de água. As sementes foram germinadas em sementeiras de poliestireno contendo Substrato comercial (Tropstrato Floreiras e Vasos – Vida Verde) composta de turfa, superfosfato simples, casca de pinus e carvão vegetal, assim descrita pelo fabricante. Por sua vez, as sementeiras foram postas no escuro por 15 dias antes de transferi-las para casa de vegetação em condições de dias neutros e umidade e radiação semicontrolada. Decorrido, aproximadamente, quatro semanas da semeadura, plântulas contendo três folhas jovens foram transferidas para copos plásticos de 500 mL contendo Substrato comercial, como mencionado acima, suplementado com 20 g.Kg<sup>-1</sup> de Substrato com NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), proporção 10:10:10. As plântulas ficaram nessas condições até o surgimento do quinto primórdio foliar. Neste momento, as plantas de *Solanum sessiliflorum* foram passadas para vasos de 6 L contendo cada um dos tipos de solos/Substratos permanecendo nessas condições sendo os parâmetros biométricos e fisiológicos determinados a cada 15 dias. Importante mencionar que somente o Substrato comercial foi suplementado com NPK 10:10:10 20 g.K<sup>-1</sup>. Os parâmetros biométricos, fisiológicos e nutrição mineral foram realizadas 15 e 30 dias após transplante das plântulas para os respectivos tipos de solos. Esses parâmetros são descritos abaixo.

## 4.3 Análise dos parâmetros de crescimento da parte vegetativa

As análises de crescimento, tais como altura, diâmetro do caule, número de folha e expansão do sexto primórdio foliar foram realizadas a cada dois dias durante todo o período experimental. A medida de altura foi realizada com auxílio de uma régua milimetrada de 50 cm e as medidas de diâmetro do caule com paquímetro mecânico. Além das variáveis acima descritas, também, foram analisadas à biomassa seca de *Solanum sessiliflorum* sob diferentes tratamentos. A massa seca foi determinada dos seguintes órgãos (raízes, caule e folhas) foram

coletadas e levadas a uma estufa de circulação forçada e mantidas a 40 °C, durante 72 h. Após o tempo previsto na estufa o material seco foi pesado em balança analítica.

#### **4.4 Parâmetros de fluorescência e trocas gasosas**

A eficiência da fluorescência da clorofila *a* assim como a matéria seca foi determinada ao fim de dois períodos quinzenal utilizando o sistema PAM-2500 (Portable Chlorophyll Fluorometer; WALZ) como descrito por Genty et al. (1989). Dito isso, os seguintes parâmetros foram determinados: fluorescência mínima da folha adaptada ao escuro ( $F_o$ ), fluorescência máxima da folha adaptada ao escuro ( $F_m$ ), fluorescência máxima variável ( $F_v$ ), máxima eficiência quântica do FSII ( $F_v/F_m$ ), e quenching fotoquímico ( $qP$ ) e não fotoquímico ( $NPQ$ ) como descrito por Cordeiro, 2021. Resumidamente, razão  $F_v/F_m$ , as folhas foram adaptadas ao escuro por 30 minutos e, posteriormente, expostas a pulso de luz saturante de  $6000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e comprimento de onda de 650 nm durante 1 segundo (Gonçalves e Santos Junior, 2005). Por sua vez, parâmetros de luz, tais como  $qP$  e  $NPQ$  foram determinados após a leitura de escuro aplicando luz fotossinteticamente ativa de  $2000 \mu\text{mol s}^{-1}$  de fótons  $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  por minuto.

Por sua vez, determinação dos parâmetros de trocas gasosas foram medidos utilizando um analisador de gás infravermelho, IRGA (LICOR-6400) nas mesmas folhas submetidas a análises de fluorescência. Os parâmetros analisados foram taxas de fotossíntese líquida ( $A_n$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) e respiração no escuro ( $R_d$ ). Os dados pontuais de trocas gasosas foram obtidos à densidade de fluxo de fótons (PPFD) de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (SENEVIRATHNA et al. 2003). Vale ressaltar que o IRGA foi ajustado para o fluxo constante de  $400 \mu\text{mol s}^{-1}$  de concentração de  $\text{CO}_2$ .

#### **4.5 Quantificação dos nutrientes minerais em folha**

As análises de Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Sódio (Na) utilizou-se o método de Espectrofotometria de absorção atômica com Espectrofotômetro de Absorção Atômica. No entanto Fósforo (P) o método utilizado foi Metavanadato de amônio e no elemento (Enxofre) S o método Turbidimetria do sulfato de bário todos os dois elementos analisados através de um Espectrofotômetro VIS.

#### **4.6 Delineamento experimental e análise estatística**

O método experimental utilizado foi o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com 6 tratamentos (Cinco tipos de Solos da Região Amazônica e, também, Substrato Comercial) 10 repetições cada. Utilizando a análise de variância (ANOVA) a 5% de

significância aplicada para determinar o efeito dos tratamentos no crescimento e fisiologia de *Solanum sessiliflorum*.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Caracterização das propriedades químicas dos solos avaliados

Na tentativa de fornecer uma ampla compreensão a respeito da existente interação entre o cultivo de *Solanum sessiliflorum* entre diferentes tipos de solos no âmbito ecofisiológico. Para isso, cinco solos Amazônicos (ver material e métodos) foram escolhidos para determinar a influência desses no crescimento de *Solanum sessiliflorum*. Ainda, Substrato comercial como controle positivo considerando um crescimento bem ajustado de *Solanum sessiliflorum* tem tais condições (Cordeiro 2021). Dito isso, primeiro foi realizada uma determinação as propriedades químicas dos seis solos/Substratos escolhidos (Tabela 1). Primeiramente, foi avaliado o potencial hidrogeniônico (pH) dos diferentes tipos de solos. TPA e Várzea apresentaram os maiores valores de pH próximos a 5,6 enquanto Substrato comercial mostrou valor próximo a 4,5. Por sua vez, Floresta, Latossolo e Gleissolo revelaram os menores pH variante entre 3,73 a 3,96. Solos ácidos geralmente apresentam disponibilidade de alumínio na forma  $Al^{3+}$ . Esse fato é corroborado pelo fato de solos com maiores pH não foram detectados  $Al^{3+}$ , enquanto Gleissolos que apresenta menor pH mostrou maiores níveis de  $Al^{3+}$ . Esse fato, contudo, deve ser tomado com cautela devido à capacidade de troca catiônica em mostra a habilidade do solo em reter e trocar cátions dos coloides do solo na forma livre para ser absorvido pelas plantas.

Por sua vez, quanto aos nutrientes minerais, estes apresentaram perfil de disposição nos solos de maneira distintas (Tabela 1). A exceção foi vista para fósforo, boro e zinco em que são encontrados em valores superiores em Substrato enquanto nos demais tipos de solos não são vistas diferenças. Cobre e manganês também apresentam o mesmo perfil de acúmulo desses nutrientes nos solos do em que solos de Várzea e TPA apresentam médias superiores desses elementos seguidos por Substrato, Floresta e Latossolo e Gleissolo em que se observa os menores valores. Cálcio foi verificado maior quantidade em Substrato e TPA seguido por Várzea enquanto os demais solos (Floresta, Latossolo e Gleissolo) apresentarem menores valores. Potássio foi encontrado em maior quantidade em Substrato seguido por TPA, Floresta e Gleissolo enquanto que Latossolo e Várzea mostraram menores valores deste elemento.

Tabela 1. Valores médios dos atributos químicos do solo.  $Al^{3+}$  H+A, Na, K, Ca, Mg, SB, CTC mmolc/dm<sup>3</sup> | V%, P, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn mg/dm<sup>3</sup> | PH CaCl<sub>2</sub> | MO g/dm<sup>3</sup>

Tratamentos	P	B	Cu	Fe	Mn	Zn	H + Al	CTC
<b>Substrato</b>	377 ± 12,2a	1,08 ± 0 a	0,86 ± 0,1 c	119 ± 5,7 b	9,86 ± 0,3 c	10 ± 1,9 a	93 ± 6,6 b	250,6 ± 4,7 a
<b>Terra Preta</b>	29 ± 0,5 b	0,326 ± 0 b	1,366 ± 0 b	15,33 ± 0,2 e	14,56 ± 0,3 b	1,36 ± 0 b	31 ± 1,0 b	14,56 ± 0,9 b
<b>Floresta</b>	7,66 ± 0,5 b	0,43 ± 0 b	0,366 ± 0 d	135 ± 1,4 ab	0,7 ± 0 d	0,63 ± 0 b	226,3 ± 26,3 a	0,7 ± 26,4 d
<b>Latossolo</b>	6,66 ± 0,5 b	0,406 ± 0 b	0,166 ± 0 d	51,33 ± 5,6 d	0,4 ± 0 d	0,23 ± 0 b	98 ± 5,9 b	0,4 ± 6,0 d
<b>Várzea</b>	13 ± 0,3 b	0,59 ± 0 b	1,9 ± 0,1 a	81,6 ± 1,3 c	52,53 0,1 a	1,26 ± 0 b	16 ± 1,0 c	52,53 ± 1,1 a
<b>Gleissolo</b>	7,33 ± 0,2 b	0,326 ± 0 b	0,3 ± 0 d	141,6 ± 0,6 a	0,33 ± 0 d	0,26 ± 0 b	246,6 ± 26,6 a	254 ± 26,6 a
Tratamentos	pH	$Al^{3+}$	K	Ca	Mg	MO	SB	V%



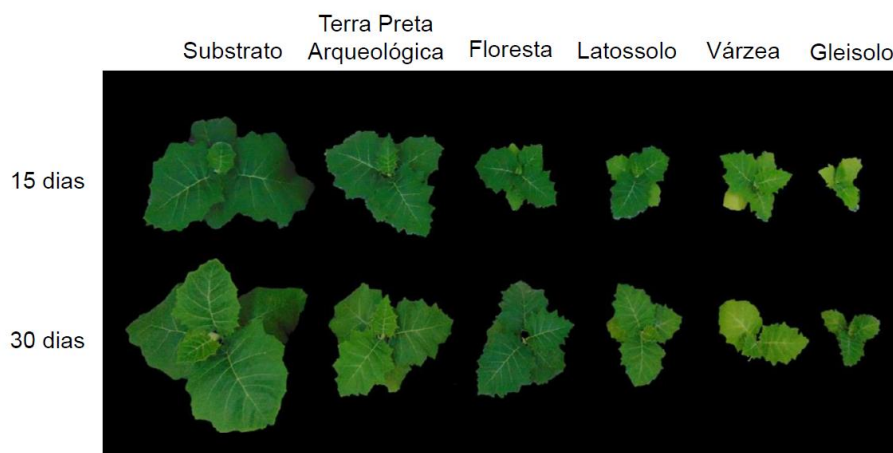
<b>Substrato</b>	4,56 ± 0 b	1,3 ± 0,2 d	29,266 ± 0,3 a	95 ± 2,9 a	33,3 ± 0,9 a	214,33 ± 3,7 a	157,6 ± 2,2 a	10 ± 1,9 a
<b>Terra Preta</b>	5,6 ± 0,2 a	--	1,966 ± 0 b	99,3 ± 0,7 a	12,66 ± 0,2 c	70 ± 4,2 b	114 ± 0,7 b	1,36 ± 0,6 b
<b>Floresta</b>	3,73 ± 0 c	52 ± 0,8 b	1,966 ± 0,1 b	2 ± 0 c	1 ± 0 d	29 ± 0,5 d	5 ± 0,1 d	0,63 ± 0,2 b
<b>Latossolo</b>	3,96 ± 0 c	23,3 ± 0,2 c	1,066 ± 0 c	2 ± 0 c	1 ± 0,1 d	26 ± 0,4 d	4 ± 0,1 d	0,23 ± 0,2 b
<b>Várzea</b>	5,66 ± 0,1 a	--	1,6 ± 0 bc	48,33 ± 0,1 b	24 ± 0,1 b	9,66 ± 0,9 e	73,6 ± 0,3 c	1,26 ± 0,9 b
<b>Gleissolo</b>	3,86 ± 0 c	57 ± 1,1 a	1,766 ± 0 b	4 ± 0 c	2 ± 0,1 d	51,66 ± 2,8 c	7 ± 0,0 d	0,26 ± 0,3 b

Médias seguidas de mesma letra e coluna, não diferem entre si significativamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

## 5.2. Comparação dos traços biométricos de *Solanum sessiliflorum* entre os diferentes tipos de solos

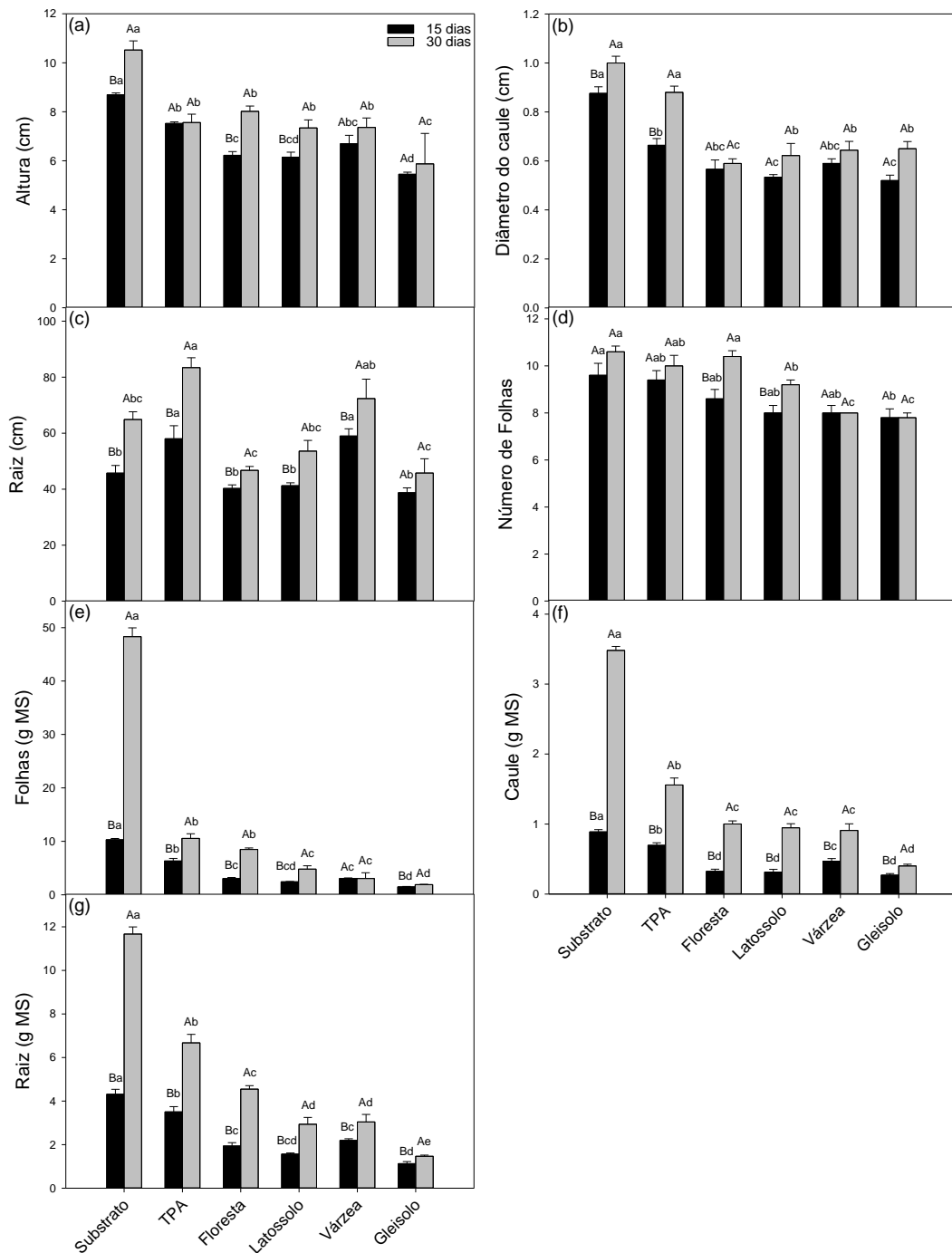
Os diferentes tipos de solos utilizados neste trabalho revelaram uma ampla plasticidade fenotípica de *Solanum sessiliflorum* quantificada a partir de uma série de análises comparativa dos parâmetros biométricos (Figura 1). Não obstante, os parâmetros biométricos de *Solanum sessiliflorum* mostraram uma ampla variação entre parte aérea e raiz (Figura 2). Após 15 dias nos respectivos solos, *Solanum sessiliflorum* revelou maior altura quando cultivada em Substrato comercial seguido por TPA e Várzea enquanto a menor altura foi verificada em Gleissolo (Figura 2a). O mesmo padrão foi visto ao trigésimo dia de experimento. Contudo, no intervalo entre 15 e 30 dias, em TPA, Várzea e Gleissolo não foi verificada alteração significativa em altura de *Solanum sessiliflorum* sugerindo uma limitação no crescimento vertical da planta quando crescidas nestes tipos de solos e nas condições experimentais deste trabalho (Figura 2a). Diâmetro do caule, por sua vez, mostrou os maiores valores em Substrato comercial seguido, novamente, por TPA enquanto Latossolo e Gleissolo apresentaram os valores mais baixos após 15 dias de cultivo (Figura 2b). Após 30 dias, foi observado uma sutil diferença no diâmetro do caule entre os tipos de solos. Neste momento, enquanto Substrato comercial e TPA continuaram com os maiores valores nesta variável, floresta apresentou menor valores de diâmetro de caule. No intervalo entre os 15 e 30 dias de cultivo de *Solanum sessiliflorum*, somente Substrato comercial e TPA aumentaram a espessura do caule (Figura 2b). Quanto tomados em conjunto, ambos (altura e diâmetro do caule) revelaram que tanto Substrato comercial quanto TPA culminaram em plantas mais robustas quando comparadas com aquelas crescidas em outros tipos de solos (Figura 1 e Figuras 2a-b). Não obstante, padrão de comprimento de raiz foi distinto daquele observado em parte aérea (Figura 2c). TPA e Várzea apresentaram maiores comprimentos de raízes entre os solos testados após 15 e 30 dias de cultivo de *Solanum sessiliflorum*. Interessante que ao longo do experimento, no intervalo entre 15 e 30 dias, enquanto todos os solos resultaram em maiores raízes de *Solanum sessiliflorum*, Gleissolo não mostrou alteração significativa no comprimento de raiz de 15 para 30 dias (Figura 2c).

O número de folhas, contudo, apesar de pequena diferença entre os solos analisados revelou, aos 15 dias, *Solanum sessiliflorum* crescida em Gleissolo apresentou a menor quantidade de folhas entre os tratamentos (Figura 2d). Aos 30 dias, Substrato comercial e Floresta mostraram o maior número de folhas seguido por TPA, enquanto Várzea e Gleissolo apresentaram menor número de folhas (Figura 2d). Novamente, entre intervalo de 15 para 30 dias de cultivo, somente Floresta e Latossolo cresceram o número de folhas (Figura 2d).



**Figura 1.** Influência de diferentes tipos de solos Amazônicos na variação morfológica da parte aérea ao longo do desenvolvimento vegetativo de plantas de *Solanum sessiliflorum*.

Variações na partição de matéria entre os órgãos vegetativos de *Solanum sessiliflorum*, também foi observada (Figuras 2e-g). Para isso, foi determinada a massa seca de cada um desses órgãos. Com relação a massa foliar foi visto um perfil bem semelhante ao fenótipo na Figura 1 em que Substrato comercial apresentou maior massa seca foliar aos 15 dias seguidos por TPA, Floresta, Latossolo, Várzea e Gleissolo (Figura 2e). Interessante que aos 30 dias massa seca foliar de *Solanum sessiliflorum* foi muito superior a todos os demais solos em que esta espécie foi crescida (Figura 2e). Essa diferença pode ser vista ainda de maneira mais intensa quando comparado o intervalo de 15 para 30 dias. Esses achados podem ser explicados ao menos parcialmente devido as taxas fotossintéticas e de respiração apresentadas e discutidas abaixo. A massa seca do caule seguiu o mesmo padrão observado em folhas (Figura 2f). Não obstante, a massa seca do sistema radicular mostrou algo interessante ao correlacionar crescimento versus massa seca. Como observado para crescimento da raiz (Figura 2c), TPA e Várzea mostraram maiores comprimentos de raízes, mas esse crescimento não foi associado ao acúmulo de massa seca sugerindo um alongamento celular em raízes de *Solanum sessiliflorum* ao invés de um crescimento dado a maior partição para raízes nesse tipo de solos (Figura 2c e 2g).



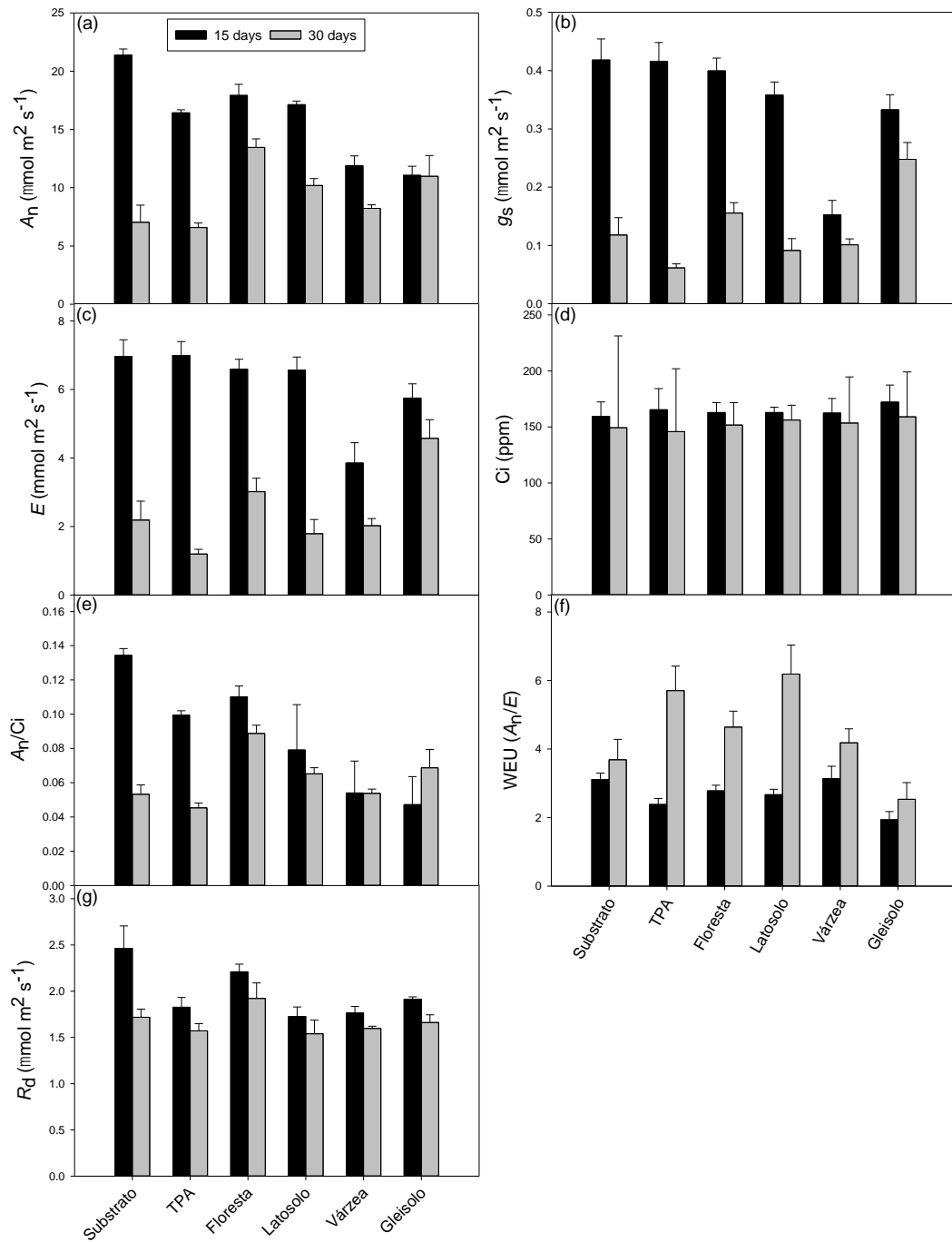
**Figura 2.** Participação de biometria e biomassa em plantas de *Solanum sessiliflorum* submetidas a diferentes tipos de solos. (a) Altura (b) diâmetro do caule (c) Raiz (d) Número de folhas (e) Massa seca folhas. (f) Massa seca caule. (g) Massa seca raiz. Barras representam erro padrão. Letra maiúscula comparação de cada tratamento entre os dias (Decimo Quinto e Trigésimo dia) letra minúscula entre os tratamentos de um respectivo dia de análise. (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). As barras dos gráficos representam o erro padrão.

### 5.3 Diferentes tipos de solos impactam mais as trocas gasosas de *Solanum sessiliflorum* do que parâmetros de fluorescência

Para buscar uma explicação para os efeitos contrastantes nos parâmetros biométricos e crescimento de *Solanum sessiliflorum* entre os tratamentos de solos, foi investigado a influência dos tipos de solos sob o aparato fotossintético usando, para isso, medições de trocas gasosas e fluorescência (Figura3 e Figura4). A taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> ( $A_n$ ) revelou que, aos 15 dias de transplantadas para os respectivos solos, *Solanum sessiliflorum* crescidas em Substrato comercial possuíam as maiores  $A_n$  seguido por TPA, Floresta e Latossolo enquanto Várzea e Gleissolo apresentaram menores  $A_n$  (Figura 3a). Aos 30 dias, com exceção de Gleissolo, todos os tratamentos culminaram em menores níveis de  $A_n$  em *Solanum sessiliflorum* quando comparada aos 30 dias. Contudo, entre 15 e 30 dias de expansão foliar, Floresta manteve os maiores níveis de  $A_n$  (Figura 3a). Com relação à condutância estomática ( $g_s$ ), somente Latossolo apresentou níveis mais baixos de  $g_s$  quando comparada com os outros tipos de solos testados (Figura3b). Por sua vez, aos 30 dias, todos os tratamentos reduziram  $g_s$  quando comparada com 15 dias. No intervalo entre 15 e 30 dias, Gleissolo manteve os níveis mais altos de  $g_s$ . Ao lado dos dados de  $g_s$ , foi voltada atenção para transpiração ( $E$ ) entre os tratamentos de solos (Figura3c). Importante mencionar que era esperado que os níveis de  $E$  mantivessem comportamento semelhante ao visto em  $g_s$  (Figura3c). Não obstante, é intrigante o fato de Latossolo apresentar alta  $E$  (no mesmo nível entre os outros tratamentos; exceto Várzea) considerando a mais baixa  $g_s$  aos 15 dias. Ao contrário dos outros parâmetros mostrados acima, concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ) permaneceu constante entre ambos: tratamentos (tipos de solos) e dias analisados (Figura 3d).

Esses resultados sugerem que, até o momento, as diferenças nas taxas fotossintéticas de *Solanum sessiliflorum* em função dos tipos de solos é provavelmente resultante de uma limitação estomática do que qual prejuízo relacionado a limitação bioquímica. Para sustentar este fato, foi avaliado a razão  $A_n/C_i$  que indica eficiência de carboxilação da rubisco (Figura 3e). Ao contrário da medição pontual de  $A_n$  (Figura 3a) no qual, por exemplo ao décimo quinto dia em que  $A_n$  foi maior em Substrato comercial encontradas, para a razão  $A_n/C_i$  mostrou que em 15 dias Substrato comercial, também, apresenta maior valor, mas solos como TPA, Floresta e Latossolo não apresentam menor valores de acordo com análise estatística (Figura 3e). Ao fim do experimento (30 dias), razão  $A_n/C_i$  mostrou um padrão mais semelhante aqueles encontrados para  $A_n$  (Figura 3a).

Outro importante parâmetro avaliado é referente ao uso eficiente da água ( $A_n/E$ ) (Figura 3f). Em 15 dias, apesar de diferenças estatísticas para  $A_n/E$ , todos as condições tiveram um valor



**Figura 3.** (a) Fotossíntese líquida  $A_n$ . (b) Condutância estomática  $g_s$ . (c) Transpiração  $E$ . (d) Concentração interna de  $CO_2$ . (e) Eficiência da carboxilação da rubisco ( $A_n/C_i$ ). (f) Uso eficiente da água  $A_n/E$  (g) Respiração  $R_d$ , em folhas de *Solanum sessiliflorum* submetida a diferentes tipos de solos da Amazônia (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

próximos (Figura 3f). Ao contrário, para 30 dias, do que esperado, Substrato comercial não apresentou maior  $A_n/E$ . Neste ponto, TPA e Latossolo mostraram os maiores valores para  $A_n/E$ . Tomados em conjuntos, esses resultados sugerem que condições ótimas controladas, as plantas

crescidas em Substrato crescem bastante, com alta fotossíntese, mas a custo de maior consumo de água. Esses achados são interessantes, então, para investigar os tipos de solos em condições sub-ótimas, como, por exemplo, em condições de limitação hídrica leve ou moderado.

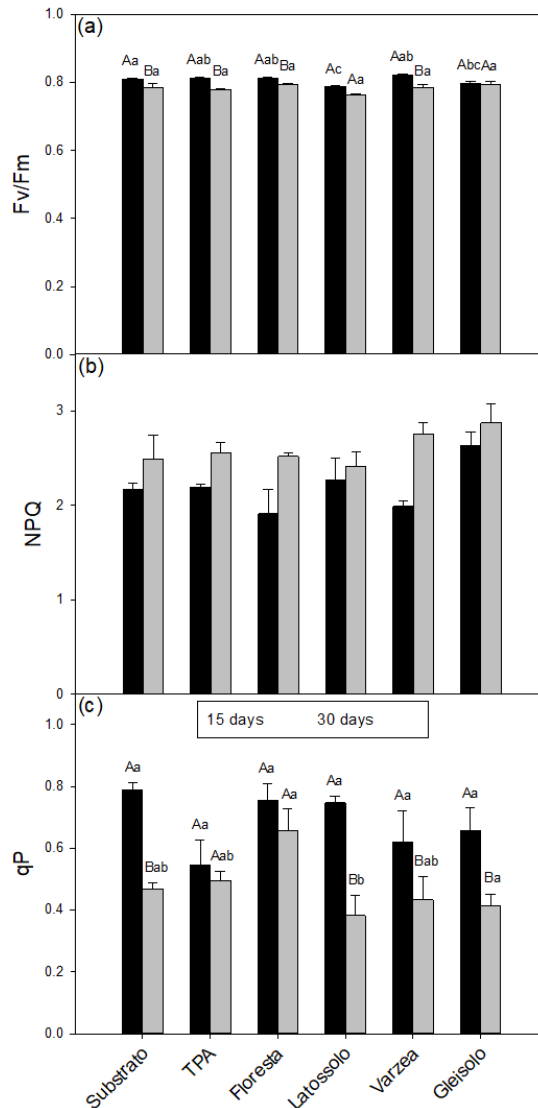
Por fim, embora tenha sido analisado trocas gasosas associadas a fotossíntese até este momento, nós, então, voltamos atenção para mensurar a respiração foliar de *Solanum sessiliflorum* cultivado entre os tipos de solos (Figura 3g). Com 15 dias de transplantadas para os respectivos tipos de solos, *Solanum sessiliflorum* mostrou valores mais altos em respiração em Substrato comercial e Floresta (Figura 3g). Por sua vez, em 30 dias, não houve diferenças estatísticas entre os tipos de solos. Ademais, no intervalo entre 15 e 30 dias, somente alteração significativa foi verificada em Substrato comercial em que a respiração reduziu fortemente (Figura 3g).

Diante do exposto acima, foi hipotetizado que uma razoável desbalanço no aparato fotoquímico (cadeia transportadora de elétrons cloroplastídica) no qual elucidasse as variações com relação a  $A_n$  de *Solanum sessiliflorum* crescidas entre os tratamentos de solos. Não obstante, somente pequenas mudanças em fluorescência associadas as reações de claro e escuro do fotossistema II foi observada (Figura 4). Primeiramente, foi medido a eficiência máxima fotoquímica do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) (Figura 4a). A razão  $F_v/F_m$  mostrou somente leve diferenças em *Solanum sessiliflorum* cultivado entre os tratamentos de solos. Na verdade, Latossolo e Gleissolo apresentou pequenas reduções em  $F_v/F_m$  nos 15 dias enquanto nenhuma variação significativa foi observada a 30 dias (Figura 4a). Nesse mesmo sentido, a medição de *quenching* não fotoquímico (NPQ) e *quenching* fotoquímico (qP), também, revelaram sutis variações nestes parâmetros nos quais, quando tomados em conjuntos, não explicam por si só o comportamento fotossintético de *Solanum sessiliflorum* entre os solos testados (Figura 4b e 4c).

#### **5.4. Dinâmica de acumulação de nutrientes minerais em folhas de *Solanum sessiliflorum* influenciadas pelos diferentes tipos de solos.**

Acima, foi apresentado como os tipos distintos de solos influenciam o crescimento e fisiologia de plantas de *Solanum sessiliflorum*. Não obstante, até este momento alguns pontos necessitam de uma explanação acerca das diferenças encontradas que culminaram em fenótipos tão variados de plantas (Figura 1). Assim, voltamos nossa atenção para a composição de nutrientes minerais em folhas de *Solanum sessiliflorum* tendo em mente que plantas foram crescidas em solos com grandes variações de fertilidade e qualidade de solos (Tabela 1). Neste sentido, foram quantificados tanto macroelementos (nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre,

cálcio e magnésio) (Figura 5) quanto microelementos (boro, cobre, ferro, manganês, zinco e sódio) (Figura 6).



**Figura 4.** (a) Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II ( $Fv/Fm$ ) (b) *quenching* não fotoquímico ( $NPQ$ ). (c) *quenching* fotoquímico ( $qp$ ) de *Solanum sessiliflorum* sob diferentes tipos de solos da Região Amazônica. Letra maiúscula comparação de cada tratamento entre os dias (Decimo Quinto e Trigésimo dia) letra minúscula entre os tratamentos de um respectivo dia de análise. (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

Com relação a nitrogênio, este foi encontrado em maior quantidade em folhas de *Solanum sessiliflorum* crescidas em Substrato comercial, TPA, Latossolo, Floresta enquanto solos de Várzea e Gleissolo mostraram os menores conteúdos desse elemento aos 15 dias de experimento (Figura 5a). Por sua vez, aos 30 dias, Floresta apresentou maior conteúdo de nitrogênio seguido por Substrato comercial, TPA Latossolo enquanto Gleissolo teve menor

quantidade de nitrogênio (Figura 5a). Durante o intervalo entre 15 a 30 dias, conteúdo de nitrogênio se manteve igual, a partir de avaliações estatísticas, em folhas de plantas crescidas em solos de Floresta, Várzea e Gleissolo enquanto decaí em Substrato comercial, TPA e Latossolo (Figura 5a).

Para fósforo, Substrato comercial, Floresta e Gleissolo apresentaram maior conteúdo desse elemento enquanto TPA mostrou menor quantidade de fósforo em folhas de *Solanum sessiliflorum* aos 15 dias (Figura 5b). Aos 30 dias, Substrato comercial, Floresta e Gleissolo mostraram maior conteúdo de fósforo e TPA e Várzea reduziu a quantidade desse elemento (Figura 5b). Ao longo do experimento (intervalo de 15 e 30 dias), somente Substrato comercial mostrou maior acumulação de fósforo (Figura 5b).

Potássio é outro elemento chave para o desenvolvimento e crescimento de plantas. A quantificação desse elemento em folhas de *Solanum sessiliflorum* mostrou variação a depender do tipo de solo (Figura 5c). Nesse contexto, Substrato comercial mostrou maior quantidade de potássio aos 15 dias enquanto Floresta apresentou menor teor (Figura 5c). Esse mesmo padrão foi visto aos 30 dias, mas durante o tempo de experimento revelou que plantas cultivadas em Substrato comercial e Várzea conseguiram acumular ainda mais esse elemento em folhas (Figura 5c).

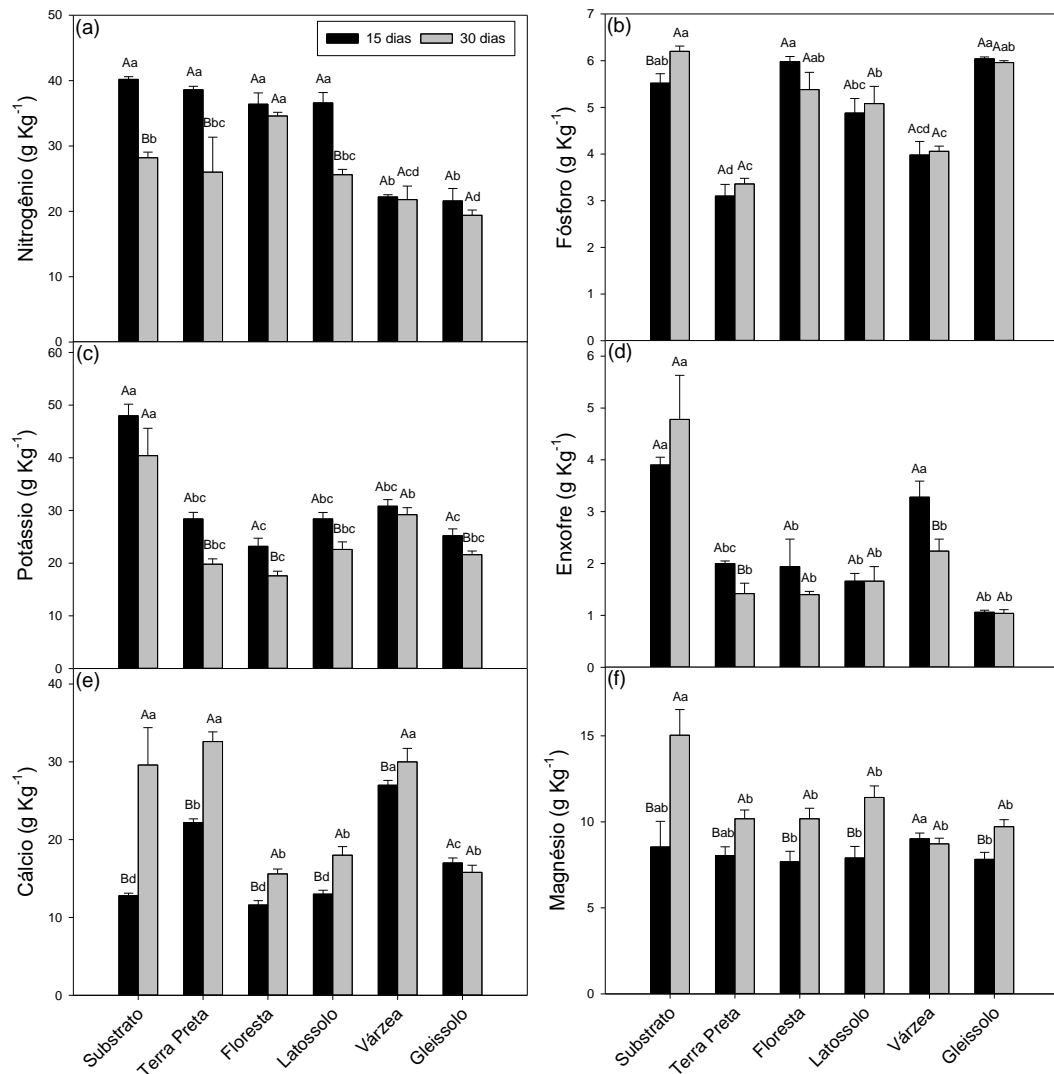
Enxofre, aos 15 dias, revelou maior quantidade em folhas de *Solanum sessiliflorum* quando esta foi cultivada em Substrato comercial, e Várzea (Figura 5d). Por sua vez, aos 30 dias, o maior conteúdo desse elemento em folhas foi visto quando plantas foram crescidas em Substrato comercial (Figura 5d). No intervalo entre 15 e 30 dias, TPA e Várzea reduziram conteúdo de enxofre em folhas de cubiu (Figura 5d).

Cálcio acumulou maior quantidade em folhas de *Solanum sessiliflorum* quando crescida em Várzea aos 15 dias enquanto Substrato comercial, Floresta e Latossolo resultaram em menor quantidade (figura 5e). Aos 30 dias, cálcio acumulou mais folhas quando plantas crescidas em solos Várzea, Substrato comercial e TPA enquanto nos outros tipos de solos acumulo de cálcio foram menores em folhas (Figura 5e). Ademais, com exceção de Gleissolo, todos os demais solos aumentaram conteúdo de cálcio em folhas quando comparado entre 15 para 30 dias (figura 5e).

Magnésio acumulou maior quantidade em folhas de *Solanum sessiliflorum* quando crescida em Várzea aos 15 dias enquanto Floresta, Latossolo e Gleissolo resultaram em menor quantidade (figura 5f). Aos 30 dias, magnésio acumulou mais folhas somente quando plantas crescidas em Substrato comercial (Figura 5f). Ademais, com exceção de Várzea, todos os



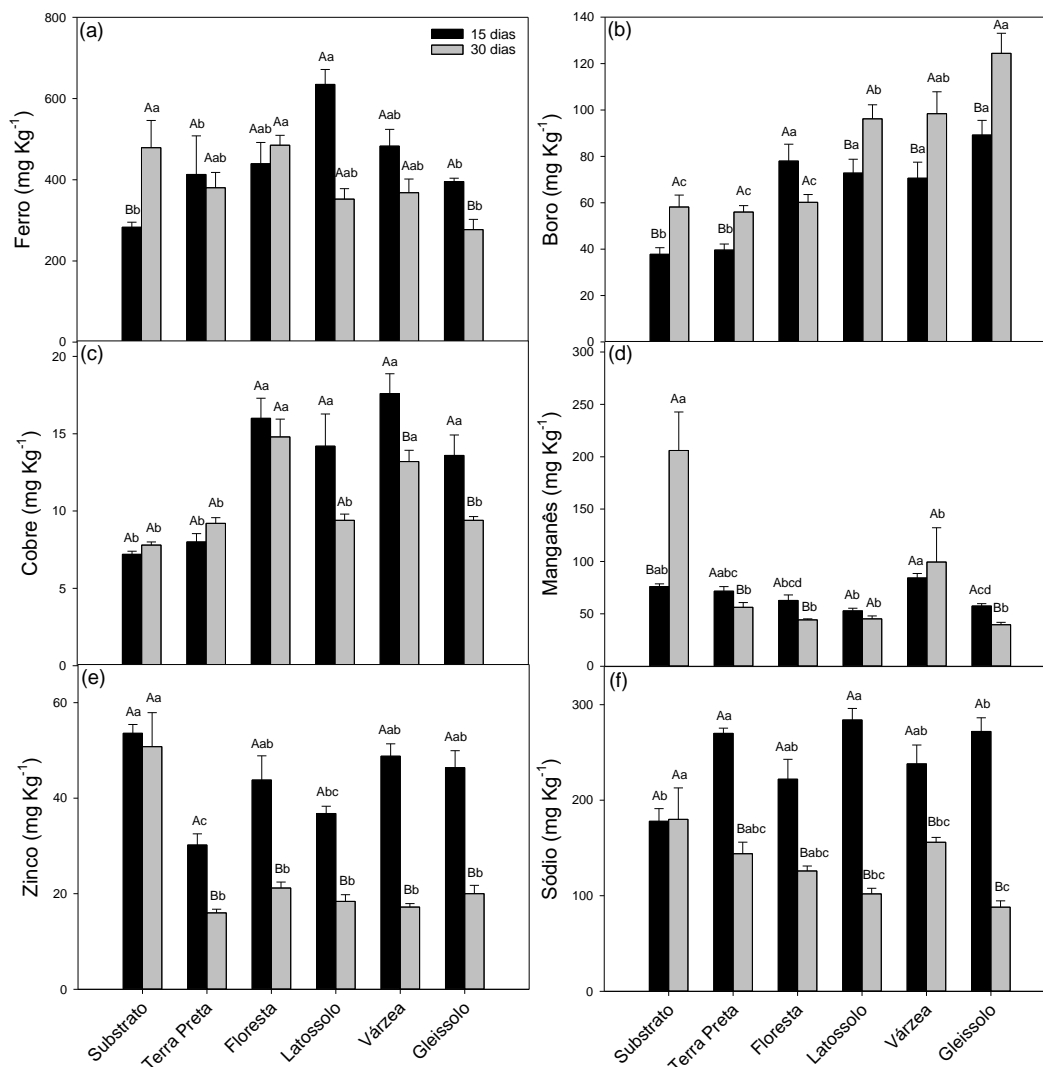
demais solos aumentaram conteúdo de magnésio em folhas quando comparado entre 15 para 30 dias (figura 5f).



**Figura 5.** Quantificação dos macronutrientes do tecido vegetal de *Solanum sessiliflorum* submetidas a diferentes tipos de solos. (a) Nitrogênio, (b) Fósforo, (c) Potássio, (d) Enxofre, (e) Cálcio, (f) Magnésio. Barras de erro representam o erro padrão. Letra maiúscula comparação de cada tratamento entre os dias (Decimo Quinto e Trigésimo dia) letra minúscula entre os tratamentos de um respectivo dia de análise. (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

Acima são descritos a dinâmica de acumulação dos macroelementos em folhas de *Solanum sessiliflorum*, mas sabendo que microelementos são vitais para um crescimento e desenvolvimento adequado para plantas foi voltado atenção para esses nutrientes (Figura 6). Ferro acumulou em maior quantidade em folhas de *Solanum sessiliflorum* cultivado em Latossolo enquanto menores valores foram observados em Substrato comercial, TPA e Gleissolo aos 15 dias de experimento (Figura 6a). Esse padrão foi bastante alterado aos 30 dias de cultivo de plantas nos respectivos solos. Neste ponto, então, Substrato comercial e Floresta

apresentam maiores quantidades de Ferro enquanto Gleissolo, novamente, resultou em menor quantidade de ferro em folhas de *Solanum sessiliflorum* (Figura 6a). Entre os 15 e 30 dias de experimento, aumento e diminuiu em Substrato comercial e Latossolo, respectivamente (Figura 6a).



**Figura 6.** Quantificação dos micronutrientes do tecido vegetal de *Solanum sessiliflorum* submetidas a diferentes tipos de solos. Ferro (Fe), Boro (B), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Sódio (Na). Barras de erro representam o erro padrão. Letra maiúscula comparação de cada tratamento entre os dias (Decimo Quinto e Trigésimo dia) letra minúscula entre os tratamentos de um respectivo dia de análise. (Teste de Tukey,  $p < 0,05$ ).

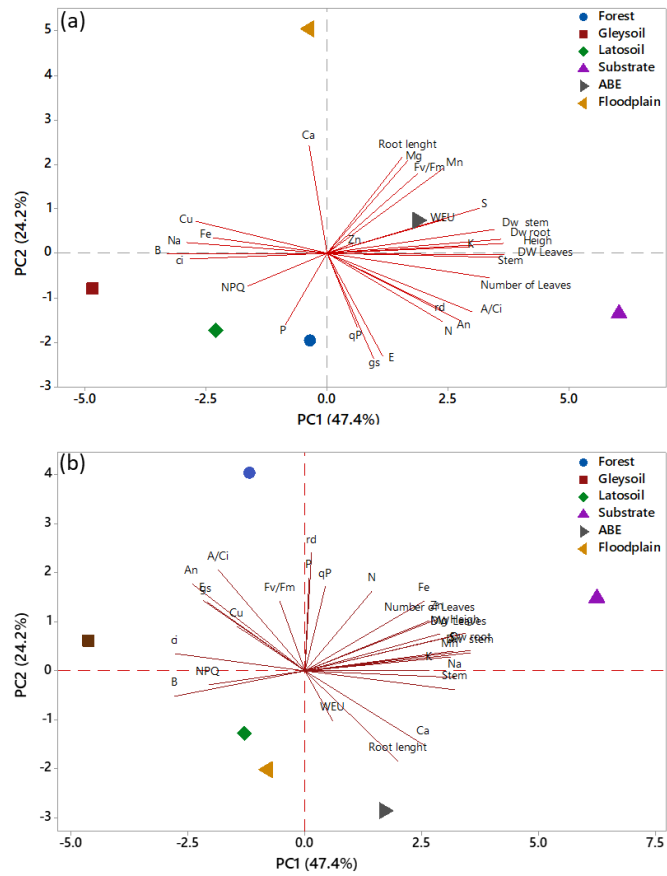
Boro e cobre apresentaram algumas semelhanças de acumulação em folhas de cubiu aos 15 dias (Figura 6b e 6c). Nesse ponto, boro e cobre são encontrados maior maiores quantidades em Floresta, Latossolo, Várzea e Gleissolo e menores quantidades em Substrato comercial e TPA. Por sua vez, aos 30 dias esse padrão semelhante não se sustentou (Figura 6b e 6c).

De maneira semelhante, manganês e zinco mostraram mesmo padrão de acúmulo em folhas aos 30 dias em que somente Substrato apresentou a maior média (Figura 6d e6e). Por fim, sódio acumulou maior quantidade em folhas de *Solanum sessiliflorum* quando crescida em TPA, Latossolo e Gleissolo aos 15 dias enquanto Substrato comercial resultou em menor quantidade (figura 6f). Aos 30 dias, sódio acumulou mais folhas somente quando plantas crescidas em Substrato comercial e menor em Gleissolo (Figura 6f). Ademais, com exceção de Substrato comercial, todos os demais solos aumentaram conteúdo de sódio em folhas quando comparado entre 15 para 30 dias (Figura 6f).

### **5.5 Análise de componente principal (PCA) revelam as principais variações encontradas entre os diferentes tipos de solos**

Os resultados anteriores mostraram grandes variações nos parâmetros biométricos, trocas gasosas e mesmo de acúmulo de nutrientes minerais em folhas de *Solanum sessiliflorum* crescidas em diferentes tipos de solos. Não obstante, foi aplicado aos dados avaliações estatísticas multivariadas como análises de componentes principais na tentativa de discriminar o efeito dos tipos de solos os principais no crescimento de plantas de *Solanum sessiliflorum* ao longo do tempo (Figura 7). Após 15 dias de crescimento nos respectivos tipos de solos, as principais variáveis que explicam a segregação de Substrato e TPA são os parâmetros biométricos de massa seca (raiz, caule e folha) bem como trocas gasosas (A/Ci e UEA) enquanto Latossolo e Floresta são explicados por variáveis como NPQ, qP bem como fósforo (Figura 7a). Interessante que microelementos como Boro, sódio, Ferro e cobre são as variáveis que mais explicam a distinção desse tipo de solos dos demais. Esse resultado é bastante promissor considerando que entre esses elementos, somente boro é encontrado em mais altas concentrações em folhas de *Solanum sessiliflorum* quando crescido em Gleissolo o que sugere que boro possa ser um componente que estejam em concentrações de toxicidade o que impediria o crescimento adequado do vegetal.

Por sua vez, após 30 dias de crescimento nos respectivos tipos de solos as principais variáveis que explicam as diferenças são, novamente, os parâmetros biométricos explicam a diferença entre Substrato e os demais tipos de solos (Figura 7b). Contudo, ao contrário do visto para 15 dias, comprimento da raiz é uma importante variável que explica a diferença vista em TPA (Figura 7b). Enquanto isso, para os outros tipos de solos não há variáveis fortes que expliquem o agrupamento e dispersão na análise de componente principal (Figura 7b).



**Figura 7.** A análise dos componentes principais (PCA) das variáveis químicas, biométricas e fisiológicas dos diferentes perfis de solos

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1 Propriedades dos solos avaliados

Segurança alimentar nutricional tem focado em valorizar a produção de alimentos regionais como garantia do direito humano a uma alimentação de qualidade, tendo em vista estratégias sustentáveis, socioeconômica e agroecológica, principalmente, de espécies selvagens comestíveis (BORELLI et al. 2020). A grande maioria destes vegetais comestíveis são desconhecidos ou subutilizados pela maioria das pessoas principalmente nas áreas urbanas (BARBOSA et al., 2021) *Solanum sessiliflorum*, cubiu, classificado como uma planta alimentícia não convencional (PANC) Kinupp (2007), apesar de muito popular na região da Amazônia sendo consumida *in natura*, é pouco consumido pelos brasileiros embora apresente um grande potencial nutricional e fitomedicinal (Ribeiro e Durigan, 2018; ANDRADE JR et al., 2018).

Os fatores ambientais como propriedades físico-químicas do solo, condições climáticas exercem importância direta a perturbações de estresse em vegetais principalmente na absorção de água, respiração, fotossíntese e toxicidade iônica (ONEN et al., 2017). Tais variáveis físico-químicas do solo tem o potencial de mensurarem as propriedades de qualidade do solo e manejo sustentável (VALARINI et al., 2011).

Revelada como a maior Floresta tropical, a região Amazônica possui riqueza em biodiversidade, no entanto por traz de toda essa grandiosidade florestal, manifesta o interesse sobre as características pedológicas destas regiões que tradicionalmente é reconhecida pelas suas áreas inférteis em virtude a grande quantidade de parcelas de solos ácidos, ricos de alumínio e ferro (MANTOVANELLI., 2016). Devido o alto nível de precipitações esses solos são bem drenados, distinguidos como solos de terra firme Latossolo e Floresta, possuem baixas quantidades de pH e baixos níveis de capacidade de troca de cátions (CTC) influenciando na instabilidade do Alumínio, viabilizando taxas que causam toxidez aos vegetais, a acidez do solo solubiliza compostos de alumínio que se tornam livres na solução do Substrato, ocasionando consequências deletérias nos tecidos vegetais não adaptados (BRESSAN et al., 2013).

Ocorre dentro dos tratamentos com baixo pH Floresta e Latossolo, à baixa do elemento Ca, Mg indicando assim, pouca quantidade de argila que designa a retenção destes atributos químicos, como consequência acabam sendo perdidos ao solo por lixiviação. Diversos nutrientes, como MO, K, Mg, Ca, P e B são modificados em pH baixo e com toxicidade de Al o que culmina as plantas a adaptação para se desenvolver em solos ácidos advertida da combinação de Al, causando desequilíbrio e principalmente deficiência de determinados

nutrientes (GUPTA et al., 2013), mesmo quando presentes no solo, mas de forma indisponível. Em estudos de Costa et al (2019) a redução de Al trocável é eficiente pela calagem, e uma proposta a ser revista ao cultivo de *Solanum sessiliflorum* em solos de baixo pH, pois a elevação do mesmo, proporciona a precipitação  $Al^{+3}$  na forma de hidróxido  $Al(OH)_3$ , significando indisponibilidade de alumínio, uma vez que este se prendera nos coloides de argila ou matéria orgânica tornando-se indisponível para o vegetal (DA VEIGA MOLINE e COUTINHO., 2015).

Campos et al (2012) destaca que a presença de grandes médias de acúmulo de Cálcio em TPA. Steinbeiss et al. (2009) obtém resultados parecidos garantindo que as altas concentrações deste nutriente é relacionada com a quantidade significativa de matéria orgânica e atividades biológicas resultante das atividades antrópicas nessas áreas. Como resultado, teores de Fosforo, Cálcio, Magnésio em solo de Várzea constitui valores elevados ou dentro das melhores média, pois de acordo com Da Luz Freitas et al (2015) esses atributos são acumulados por deposição de nutrientes sazonalmente devido a cheia dos rios que carregam nutrientes tanto orgânicos quanto inorgânicos o que resulta em um aumento da soma e saturação por base (SB) em solos de Várzea. Isso posto, reduz os níveis de Al de acordo, principalmente, dos altos valores de CTC da abrangência a maior conteúdo de argila em solo sendo a mesma fração de argila importante para o atributo CTC.

## **6.2 Traços biométricos de *Solanum sessiliflorum* entre os diferentes tipos de solos e o acúmulo de nutrientes minerais em folhas de *Solanum sessiliflorum***

O acúmulo de nutrientes nos tecidos vegetais está intimamente ligado a evidenciar ao *status* nutricional para possibilitar crescimento, desenvolvimento e produtividade dos vegetais do vegetal (REINICKE et al., 2019; CAMPOS et al., 2011). Malhotra et al (2018) reportou que o caractere estrófico de TPA apresenta uma configuração direta de solo propicio no desenvolvimento vegetal, com crescentes níveis nutricionais (e.g. cálcio e fósforo). Não obstante, tais elementos acabam sendo antagonicos como na Figura 5b,e bem como, também, visto em solo de Várzea. Deste modo, a deficiência ou baixa disponibilidade do elemento Fósforo correlaciona-se negativamente com acúmulo de cálcio nos solos estudados (Figura 7). Quando *Solanum tuberosum* L. crescida em baixa disponibilidade de fósforo resultou em valores de matéria seca foliar e caules reduzidos (SAUSEN et al., 2020). Isso, pois o fósforo desempenha funções essenciais de armazenamento de energia ou síntese ácidos orgânicos. Isso é, processos fisiológico vitais na célula e no desenvolvimento da planta como um todo, como,

por exemplo, metabolismo de carboidratos (respiração e fotossíntese), fosforilação de regulação pós traducionais de proteínas dentre outros (MARSCHNER, 2012; TAIZ et al., 2017)

Ao estudar os dois genótipos distintos *Solanum lycopersicu* (Moneymaker (MM) e Calabash Rouge (CR)) em baixa concentração de pH e sob doses de alumínio BORGIO et al., (2020) relatou que genótipo CR em baixo pH com concentrações de alumínio considerável decréscimo da quantidade de matéria seca na raiz e folha. Esses resultados se assemelham para *Solanum sessiliflorum* em que quando crescidas em Gleissolos, devido níveis altos de alumínio trocável com solo, culminou em um retardamento no desenvolvimento e biomassa do sistema radicular quando comparada a outros tipos de solos. Por outro lado, alguns genótipos como MM são mais tolerantes a pH e Al (BORGIO et al., 2020). Assim vemos no desenvolvimento de *Solanum sessiliflorum* em solo Floresta, mesmo com as altas precipitações e com alguns nutrientes perdidos por lixiviação (Figura 5a, e, f) ocasiona redução do pH, uma vez elevado a acidez do solo, também, aumenta a quantidade de  $Al^{+3}$  em solução. Assim, com interesse de contribuir para o conhecimento futuros, estudos sobre as estratégias de adaptabilidade destes vegetais a estresses abióticos do solo do tipo Floresta devem ser de grande importância ecofisiologia vegetal com potencial aplicação agrônômica/biotecnológica. (CASTRO, 2013; POSCHENRIEDER et al., 2015).

Portanto, as respostas fisiológicas variam de acordo principalmente com a distribuição de nutrientes nos solos sendo este um dos componentes abióticos que mais impactam o desenvolvimento vegetal. (NEVES et al., 2019). Ademais, autores como Villela e Lacerda (1992) reforçam que todas as complexidades relacionadas a absorção de nutrientes pelo tecido vegetal são impactadas por diferentes fatores desde textura bem como parâmetros químicos e físicos do solo.

### **6.3 Trocas gasosas e parâmetros de fluorescência**

As plantas possuem estruturas capazes de validar interpretações sobre alterações entre o vegetal e as características ambientais, que as levam ao estresse advindo do meio em que está inserida (BRODRIBB; MCADAM, 2013) Denominado como estômatos, estão localizados na superfície das folhas, constituem em células que em diferentes turgor ocasiona o fechamento ou a abertura, essencial no processo de transpiração e fotossíntese, quando o vegetal sofre perturbações reduzem suas atividades químicas e físicas, logo os estômatos ajustam-se pelo turgor respondendo aos estresses, a condutância estomática é um dos determinantes meios de prever sobre esses aspectos ecofisiológicos (SAMPAIO FILHO et al., 2018).

Quando o assunto está relacionado a perda de água pelo processo de transpiração a planta viabiliza em reduzir seu potencial hídrico na folha, fechando os estômatos para que haja capacidade de transporte e absorção, conseguinte a fotossíntese é reduzida, pois os fatores de transpiração e fotossíntese permite que os processos fisiológicos de sobrevivência e crescimento continuem. (COSTA; MARENCO, 2007).

O sistema solo-planta-atmosfera são condições que explicam o desempenho fisiológico do vegetal, plantas que vivem em ambientes que possuem sazonalidade alagadiças como o solo de Várzea ampliam alguns mecanismos ecofisiológicos a fim de tolerar condições adversas, tais solos são mal drenados devido sua estrutura hidromófica argilosa (AROCA et al., 2012). O conhecimento acerca da condutância estomática é fundamental, uma vez que mantém a dinâmica desse ambiente, (Figura 3 a-c) apresenta as respostas quanto a Fotossíntese líquida  $An$ . Condutância estomática  $g_s$  e Transpiração  $E$ , diferente do solo de Floresta que possuem alta drenagem e suas taxas nos gráficos apresentam altas, em contra partida os poros dos solos de Várzea são ocupados por água, deixando indisponibilidade de oxigênio, desta forma as raízes ficam em condição de hipóxia expondo menor condutividade hidráulica, reduzindo o potencial da água na planta (ASHRAF, 2012) quando se obtém saturação hídrica no solo acaba estimulando a produção de ácido abscísico, um hormônio que induz o fechamento dos estômatos em resposta ao estresse (MAURENZA et al.; 2009)

O desenvolvimento de vegetais em solos saturados por água também afeta negativamente a condutividade hidráulica dos tecidos radiculares ao reduzir a atividade das aquaporinas (AROCA; PORCEL; RUIZ-LOZANO, 2012). Citando vários autores Chaves et al (2004) retrata que o crescente nível da eficiência do uso da água é quase sempre observado em genótipos adaptados ao déficit hídrico, apesar do solo não está sob condições de déficit hídrico, as estruturas do solo como de Várzea, possuem menor evapotranspiração, no entanto em épocas de estiagem, o nível de água do solo diminui como consequência a máxima insolação e evapotranspiração (FRAXE et al., 2011).

#### **6.4 Acumulo de nutrientes minerais em folhas de *Solanum sessiliflorum***

Autores como Villela e Lacerda (1992) fazem a abordagem que dentre todas as complexidades relacionadas à absorção de nutrientes pela planta, o solo é um dos elementos que intensifica a decorrência destes elementos no vegetal. Apesar dos solos Floresta e Gleissolo apresentarem grandes índices de acidez a mesma não interferiu na disponibilidade de fósforo entre os tratamentos (tipos de solo). Esashika (2011) mostra que em plantas de camucamu, incidiu a diminuição de fósforo em seu tecido foliar devido altos teores de alumínio em solo da



região amazônica, enquanto nossos resultados com a *Solanum sessiliflorum* por outro lado tanto em 15 dias como em 30 seu teor em fósforo não teve variação. Os tratamentos com *Solanum sessiliflorum* mesmo em baixa quantidade de Ca em solo e a grande concentração de Fe e Al nos tratamentos não houve diminuição em teor de P no tecido foliar. Possivelmente não há reatividade com Al, pois pode supor que este vegetal apresenta um mecanismo de exclusão de ácidos orgânicos provocando a quelação alumínio trocável, o que ocorre de fato é a liberação de ânion de ácidos orgânicos e provocam a quelação de  $Al^{+3}$  (Nunes-Nesi et al., 2014).

Outro elemento que chama atenção é o Nitrogênio, não estando em solo fertilizado como Floresta, o cubiu apresenta bons índices nas duas avaliações com melhores médias (Figura 5a) isto pode inferir um dos motivos do bom desenvolvimento do vegetal, neste tipo de Substrato, ficando atrás apenas de TPA. Figura 2e e 2d apresenta a quantidade de MSF e NF que presume o melhor desempenho de *Solanum sessiliflorum* em solo Floresta. O nitrogênio contribui no processo de desenvolvimento do vegetal tanto em número quanto em massa foliar, além de ser um constituinte essencial para proteínas e aminoácidos, é um atuante primordial sobre a síntese de clorofila (VIEIRA et al., 2010). Avaliando as dosagens de Nitrogênio em abacaxizeiro, Marques et al. (2013) verificou que em altas doses de N as plantas conseguiram extrair quantidades maiores de outros nutrientes como por exemplo Mg, S, Ca.

Resultados de análise de componentes principais (PCA) aos diferentes tipos de solos e as demais variações encontram-se na (Figura 7) Devido a variação de pH em Latossolo, Gleissolo e Floresta (Tabela 1), a quantidade de Boro acaba sofrendo influência na disponibilidade de absorção vegetal (Figura 6b), isso é característicos de solos que sofrem intemperização, os potências hidrogênionicos entre os valores de 3,9 a 8 veicula essa disponibilidade como observado no gráfico de PCA (Figura 7) (SOARES et al., 2005)

O alumínio no tecido vegetal pode causar estresse oxidativo e interrupção de vários mecanismos químicos e fisiológicos além da absorção de nutrientes associados aos efeitos do alumínio no vegetal (Samac e Tesfaye 2003)

Quando analisados aumento de matéria seca, comprimento foliar do vegetal observamos as implicações a respeito da superfície ativa da fotossíntese, quanto maior a área da folha maior sua eficiência na fotossíntese (Luna et al., 2014). O Substrato quando adubado com N, P, K garante os melhores desenvolvimento e crescimento da planta, nitrogênio atua como promissor de acúmulo de matéria fresca e desenvolvedor de raiz, fósforo como promotor de desenvolvimento da frutificação e potássio em cultura de tomates podem garantir cerca de 30% de seu desenvolvimento e principalmente boas frutificações (ALVARENGA, 2004; DA SILVA, 2018)

Quanto às massas de matéria seca foliar, as plantas de solo Terra Preta Arqueológica, Floresta e Várzea durante os 15 dias obtêm acúmulos de material, com passar dos dias, ao trigésimo, solo de TPA e Floresta produziram maior quantidade de matéria. A avaliação de crescimento vegetal é eficiente quando avaliada a partir da matéria seca, pois quando se utiliza a matéria fresca a mobilidade dos fatores hídricos interferem nos dados, principalmente pela grande parte ser composta por água (TAIZ & ZIEGER, 1998). Pelos resultados obtidos podemos expressar que TPA, Floresta e Várzea possuem uma parcial significativa de fotoassimilados resultantes das atividades de fotossintética. As folhas são os órgãos responsáveis pela grande quantidade de massa seca acumulada como um todo nos vegetais, resultante da atividade fotossintética (Oliveira et al., 2007). Alguns genótipos que tem propriedade a serem tolerantes ao Al promovem concentrar no tecido foliar (Silva et al., 2010; Watanabe e Osaki, 2002)

## 7. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos aqui revelaram uma interessante influência dos tipos de solos no crescimento de plantas de *Solanum sessiliflorum*. Os componentes físico-químicos dos solos modularam de maneira diferente nos processos biométricos e fisiológicos das plantas. Por fim, essas diferenças culminaram em um acúmulo diferenciado de nutrientes minerais nas folhas de *Solanum sessiliflorum*. Possível que essa dinâmica de acúmulo de nutrientes reflita as alterações fisiológicas das plantas nos tipos de solos estudados.

## 8.REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABANTO-RODRIGUEZ, C.; PINEDO-PANDURO, M.; ALVES-CHAGAS, E.; CARDOSO-CHAGAS, P.; TADASHI-SAKAZAKI, R.; MENEZES, P.; FARIASARAÚJO, W.; MURGA-ORRILLO, H. Relation between the mineral nutrients and the vitamin C content in camucamu plants (*Myrciria dubia*) cultivated on high soils and flood soils of Ucayali, Peru. *Scientia Agropecuaria*, Trujillo, v.7, n.3, p.297-304, 2016.

ABREU JR., CH.; MURAOKA,T.; LAVORANTE, A. F. Relationship between acidity and chemical properties of Brazilian soils. *Scientia Agricola*, v. 60, p. 337-343,2003.

ACHARY, V. M. M. et al. Aluminium induced oxidative stress and DNA damage in root cells of *Allium cepa* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 70, p. 300– 310, 2008.

Aguirre-Neira JC, dos Reis MS, Cardozo MAR, Raz L , Clement CR (2020). Physical and chemical variability of Camu-camu fruits in cultivated and uncultivated areas of the Colombian Amazon. *Revista Brasileira de Fruticultura*. , v. 42, n. 2: (e-545)

ALCAZAR, J.E.. Genetic resources of tomatoes and wild relatives. Longman, Roma: 121p. 1981

ALMEIDA, S. S. D., AMARAL, D. D. D., & SILVA, A. S. L. D.. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. *Acta amazônica*, v. 34, n. 4, p. 513-524, 2004.

ALMEIDA, S. S. D., AMARAL, D. D. D., & SILVA, A. S. L. D.. Análise florística e estrutura de florestas de várzea no estuário amazônico. *Acta amazônica*, v. 34, n. 4, p. 513-524, 2004

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras-MG: Universidade Federal de Lavras, 2004.

ALVIM, P. de T. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 16, n. 4, p. 496-498, out./dez. 1954.

ANDRADE JR, M. C., ANDRADE, J. S., COSTA, S. S., & LEITE, E. A. Nutrients of cubiu fruits (*Solanum sessiliflorum* Dunal, Solanaceae) as a function of tissues and ripening stages. *Journal of food and nutrition Research*, v. 5, n. 9, p. 674-683, 2017.

AQUINO, R. E. D., CAMPOS, M. C. C., MARQUES JÚNIOR, J., OLIVEIRA, I. A. D., MANTOVANELI, B. C., & SOARES, M. D. R. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 2, p. 397-406, 2014.

AROCA, R.; PORCEL, R.; RUIZ-LOZANO, J. M. Regulation of root water uptake under abiotic stress conditions. *Journal of Experimental Botany*, v. 43, n. 1, p. 43–57, 2012.

ASHMAN, M. R.; PURI, G; *Essential Soil Science*. Oxford: Blackwell Science, 2002.

ASHRAF, M. A. Waterlogging stress in plants: A review. *African journal of agricultural research*, v. 7, n. 13, p. 1976–1981, 2012.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology* 59, 89–113, 2008.

BALDECK CA, HARMS KE, YAVITT JB, JOHN R, TURNER BL, VALENCIA R, NAVARRETE H, DAVIES SJ, CHUYONG GB, KENFACK D, THOMAS DW (2013) Soil resources and topography shape local tree community structure in tropical forests. *Proc R Soc B* 280:20122532.

BARBOSA, DM, DOS SANTOS, GMC, GOMES, DL, DA COSTA SANTOS, É. M., DA SILVA, RRV E DE MEDEIROS, PM .O rótulo 'planta alimentícia não convencional' influencia a aceitação dos alimentos pelos consumidores em potencial? Uma primeira abordagem. *Heliyon* , v. 7, n. 4, pág. e06731, 2021.

BAZZO, B. R., LAAT, D. M., SIQUEIRA, W. J., MONDEGO, J. M., & COLOMBO, C. A. EXPRESSÃO DIFERENCIAL PARA A TOLERÂNCIA A ESTRESSE INDUZIDO POR ALUMÍNIO EM *Coffea arabica*. Tese de Doutorado. INSTITUTO AGRONÔMICO. 2012.

BERTSCH, P. M.; PARKER, D. R. Aqueous polynuclear aluminum species. In: SPOSITO, G. (Coord.). *The environmental chemistry of aluminum*. Boca Raton : CRC Press, 1995. p. 117-168.

BLANKENSHIP, R. E. *Molecular Mechanisms of Photosynthesis*. Blackwell Science, Oxford. 2002.

BORELLI, T., HUNTER, D., PADULOSI, S., AMAYA, N., MELDRUM, G., DE OLIVEIRA BELTRAME, DM, ... & TARTANAC, F. Soluções locais para sistemas alimentares sustentáveis: A contribuição de culturas órfãs e espécies selvagens comestíveis. *Agronomia* , v. 10, n. 2, pág. 231, 2020.

BORGO, L., RABÊLO, FH, CARVALHO, G., RAMIRES, T., RIGHETTO, AJ, PIOTTO, F. Â., ... & AZEVEDO, R. Desempenho antioxidante e acúmulo de alumínio em dois genótipos de *Solanum lycopersicum* em resposta ao baixo pH e disponibilidade de alumínio e sob estresse combinado. *Scientia Horticulturae* , v. 259, p. 108813, 2020.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L. et. al. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.

BRAUN, E. H. G.; RAMOS, J. R. de A. Estudo agroecológico dos campos Puciarí-Humaitá (Estado do Amazonas e Território Federal de Rondônia). *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 4, p. 443- 497, out./dez. 1959.

BRODRIBB, T.J.; MCADAM, S.A.M. Abscisic Acid Mediates a Divergence in the Drought Response of Two Conifers. *Plant Physiology*, v.162, n.3, p. 1370-1377, 2013.

CAI, M. et al. Developmental characteristics and aluminum resistance of root border cells in rice seedlings. *Plant Science*, v. 180, n. 5, p. 702–708, 2011b.

CALDAS, L.S.; HARIDASAN, P.; FERREIRA, M. E. Meios nutritivos. In: TORRES, A. C.; CALDAS, L. S.; BUSO, J. A. *Cultura de tecidos e transformação genética de plantas*. Brasília: Embrapa, SPI/ Embrapa-CNPq, 1998. v.1, p. 87-132.

CAMPOS, M. C. C. et al. Caracterização e classificação de terras pretas arqueológicas na Região do Médio Rio Madeira. *Bragantia*, v. 70, p. 598-609, 2011.

CAMPOS, M. C. C., DOS SANTOS, L. A. C., DA SILVA, D. M. P., MANTOVANELLI, B. C., & SOARES, M. D. R.. Caracterização física e química de terras pretas arqueológicas e de solos não antropogênicos na região de Manicoré, Amazonas. *Revista agro@ mbiente on-line*, v. 6, n. 2, p. 102-109, 2012.

CAMPOS, M. C. C., RIBEIRO, M. R., SOUZA JÚNIOR, V. S. D., RIBEIRO FILHO, M. R., & ALMEIDA, M. C. Toposequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. *Acta Amazônica*, v. 42, n. 3, p. 387-398, 2012.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; MOREIRA, F.M.S. & CURI, N. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em pastagem cultivada e nativa no Pantanal. *Pesq. Agropec. Bras.*, 44:631-637, 2009.

CARVALHO, A. M. Caracterização física, química e mineralógica dos solos do município de Humaitá-AM. 1986. 166 f.Tese (LivreDocência) Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu, 1986.

CASTRO, L. M.R. Anatomia e histolocalização de alumínio em espécies herbáceas e subarbustivas do cerrado. 2013.

CAVALCANTI, J. H. F. et al. Energy metabolism in *Arbidopsis thaliana*: TCA cycle evolution, amino acids degradation and alternative pathways. 2015.

CHAVES, M.M., OSÓRIO, J., PEREIRA, J.S. Water use efficiency and photosynthesis. In: Bacon, M.A. (Ed) *Water use efficiency in plant biology*. Blackwell Publishing, p.42 -74, 2004.

COSTA, J. J. F., DA SILVA, E. B., COELHO, F. F., TIECHER, T., BISSANI, C. A., & FILIPPI, D. Atributos químicos relacionados à acidez e capacidade de troca de cátions de solos do Rio Grande do Sul com diferentes graus de intemperização. *Acta Iguazu*, v. 8, n. 2, p. 81-100, 2019.

COSTA, G.F.da; MARENCO, R.A. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). *Acta Amazonica*, v. 37, n. 2, p. 229-234, 2007.

CLAVEL, D.; SARR, B.; MARONE, E.; ORTIZ, R. Potential agronomic and physiological traits of Spanish groundnut varieties (*Arachis hypogaea* L.) selection criteria under end-of-cycle drought conditions. *Agronomie*, v. 24, p. 101-111, 2004

CELEBI, M. The effect of water stress on tomato under different emitter discharges and semiarid climate condition. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, v. 20, p. 1151-1157, 2014.

COMPOSTRINI, E. Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas. Disponível em: [http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/CENTRO\\_CCTA\\_1629\\_1112121492.pdf](http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/CENTRO_CCTA_1629_1112121492.pdf). Acesso em: 03/04 2021.

CORDEIRO O.F. Resposta ecofisiológica de plantas de *Solanum sessiliflorum* Dunal submetidas a supressão hídrica seguida por reidratação. 2021. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Humaitá-AM, 2021.

COSTA, J. S.; JUNQUEIRA, A. M. R. Diagnóstico do cultivo hidropônico de hortaliças na região do Distrito Federal. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, n. 1, p. 49-52, mar. 2000.

COUTURIER, G. Alguns insetos do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal var. *sessiliflorum* Dunal, Solanaceae) na região de Manaus – AM. *Acta Amazônica*, 18(3-4): 93-103, 1988.

CRONQUIST, A. Na integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York. Botanical Garden. USA, 1262p, 1981.

CUNHA, T. J. F., MADARI, B. E., BENITES, V. D. M., CANELLAS, L. P., NOVOTNY, E. H., MOUTTA, R. D. O., ... & SANTOS, G. D. A. Fracionamento químico da matéria orgânica e características de ácidos húmicos de solos com horizonte A antrópico da Amazônia (Terra Preta). *Acta Amazonica*, v. 37, n. 1, p. 91-98, 2007.

D'ARCY, W. G. Flora of Panama. Fam. 170 Solanaceae. *Ann Missouri Bot. Gard.*, 60(3):573-580, 1973.

DA LUZ FREITAS, J; DOS SANTOS, E. S; DE ASSIS OLIVEIRA, F. Avaliação de atributos químicos do solo em ambientes de terra firme e várzea no município de Santana, Amapá. *Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)*, v. 5, n. 4, p. 27-33, 2015.

DA SILVA, V. L., FARIAS, G. A., DA SILVA, W. V., & DA SLLVA, L. P. Doses de NPK em tomateiro cv. Marmande e seu desempenho a campo no Cerrado. *JOURNAL OF NEOTROPICAL AGRICULTURE*, v. 5, n. 1, p. 54-59, 2018.

DELHAIZE, E., RYAN, P.R., Aluminum toxicity and tolerance in plants, *Plant Physiology*, v.107, p315-321, 1995.

DEMATTE, J.L.I. Manejos de solos ácidos dos trópicos úmidos – Região Amazônica. Campinas : Fundação Cargill, 1988. 215p.

EMBRAPA. Recursos Genéticos e Biotecnologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2002

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. (EMBRAPA SOLOS/SPI. Rio de Janeiro, 1999.

ESASHIKA, T., DE OLIVEIRA, L. A., & MOREIRA, F. W. Teores foliares de nutrientes em plantas de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh) submetidas a adubações orgânica, mineral e foliar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, n. 3, p. 391-400, 2011.

FAQUIN, V.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 99-104. 1999.

FLORES BM, OLIVEIRA TS, ROWLAND L, QUESADA CA, LAMBERS H (2020) Editorial special issue: plant-soil interactions in the Amazon rainforest. *Plant Soil*. 450:1–9

FRAXE, Therezinha JP; PEREIRA, Henrique S.; WITKOSKI, Antônio Carlos (Ed.). *Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais*. Reggo, 2011.

GAMA, J.R.F.N.; CARVALHO, E.J.M.; RODRIGUES, T.E. & VALENTE, M.A. Solos do Estado do Pará. In: CRAVO, M.S.; VIÉGAS, I.J.M. & BRASIL, E.C., eds. *Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará*. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p.19-29.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M.; BAKER, N. R. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*, v. 990, n. 1, p. 87-92, 1989.

GIROTTO, E. Cobre e Zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos. Santa Maria, 2007. 121p. Dissertação de mestrado.

GOODLAND, R. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3., 1971, São Paulo. Anais... São Paulo: USP, 1971.

GRATTAPAGLIA, D.; MACHADO, M. A. Micropropagação. In: Torres, A. C., Caldas, L. S. & BUSO, J. A. *Cultura de tecidos e transformação genética de plantas*. Brasília : Embrapa, v.1, p.183-260, 1998.

GUIMARÃES, S. T., LIMA, H. N., TEIXEIRA, W. G., NEVES JUNIOR, A. F., SILVA, F. W. R., MACEDO, R. S., & SOUZA, K. W. D. Caracterização e classificação de gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 37, n. 2, p. 317-326, 2013.

GUIMARÃES, S.T. Caracterização e classificação de Gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas. Manaus-AM. 2010. 75p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010.

GUPTA, N., GAURAV, S. S., & KUMAR, A, ASHWANI. Molecular basis of aluminium toxicity in plants: a review. *American Journal of Plant Sciences*, v. 2013, 2013.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, F. I. F.; BERTAN, I.; JOSÉ SILVA, J. A. G.; SCHMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; MAIA, L. C.; FONSECA, D. A. R.; REIS, C. E. R.

Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 28, n. 2, p. 219-228, 2007.

IUCHI, S., KOYAMA, H., IUCHI, A., KOBAYASHI, Y., KITABAYASHI, S., KOBAYASHI, Y., ... & Kobayashi, M. Zinc finger protein STOP1 is critical for proton tolerance in *Arabidopsis* and coregulates a key gene in aluminum tolerance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 104, n. 23, p. 9900-9905, 2007.

JACOMINE, P. K. T. Solos Sob Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R. ; FILHO, H. F. L. *Matas Ciliares conservação e recuperação*. 2ª ed. Edusp/FAPESP, São Paulo, 2001.

JÚNIOR, P., & GOMES, C. Distribuição e caracterização química da fertilidade dos solos do estado do Amazonas. (2007).

KINUPP, V. F., LORENZI, H. (2014). *Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil*. São Paulo – SP. Instituto Plantarum de Estudo da Flora.

KOENIG, D., JIMÉNEZ-GÓMEZ, JM, KIMURA, S., FULOP, D., CHITWOOD, DH, HEADLAND, LR, ... & MALOOF, JN. A transcriptômica comparativa revela padrões de seleção em tomate domesticado e selvagem. *Proceedings of the National Academy of Sciences* , v. 110, n. 28, pág. E2655-E2662, 2013.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. São Carlos: Editora RIMA, 2000. 531p

LAZAREVIĆ, B.; HORVAT, Chá.; POLJAK, M., Efeito do solo aluminoso ácido sobre os parâmetros fotossintéticos da batata (*Solanum tuberosum* L.). *Pesquisa de batata* , v. 57, n. 1, pág. 33-46, 2014

LI, Z; XING, D. Mechanistic study of mitochondria-dependent programmed cell death induced by aluminium phytotoxicity using fluorescence techniques. *Journal of experimental botany*, v. 62, n. 1, p. 331-343, 2011.

LIMA, H.N.. *Gênese, Química, Mineralogia e Micromorfologia de Solos da Amazônia Ocidental*. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. 2001.

LIU, J., MAGALHAES, J. V., SHAFF, J., & KOCHIAN, L. V. Aluminum activated citrate and malate transporters from the MATE and ALMT families function independently to confer *Arabidopsis* aluminum tolerance. *The Plant Journal*, v. 57, n. 3, p. 389-399, 2009.

LUZ, J.M.Q.; BITTAR, C.A.; OLIVEIRA R.C.; NASCIMENTO, A.R.; NOGUEIRA, A.P.O. Desempenho e divergência genética de genótipos de tomate para processamento industrial. *Horticultura Brasileira*, v.34, p. 483-490, 2016.

MA, J. F. Syndrome of aluminum toxicity and diversity of aluminum resistance in higher plants. *International Review of Cytology*, Knoxville, v. 264, p. 225-252, 2007

MA, J. F., RYAN, P. R., DELHAIZE, E. Aluminium tolerance in plants and the complexing role of organic acids. *Trends in plant science*, v. 6, n. 6, p. 273-278, 2001.

MACCREE MM. Crop security: Current priorities and perspectives in public sector institutional review, *Ensuring National Biosecurity*, Academic Press, 2016; 151-168.



- MCADAM, S. A. M.; BRODRIBB, T. J. The Evolution of Mechanisms Driving the Stomatal Response to Vapor Pressure Deficit. *Plant Physiology*, v. 167, n. 3, p. 833–843, 2015.
- MACHADO, R. P. Micropropagação do cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal). 2005.
- MAGALHÃES, R. C et al. As características físicas, químicas, mineralógicas e hidráulicas do solo e sua susceptibilidade ao processo de terras caídas: Comunidade do Divino Espírito Santo Iranduba/AM. 2011.
- MANTOVANELLI, B. C., CAMPOS, M. C. C., ALHO, L. C., FRANCISCON, U., NASCIMENTO, M. F., & DOS SANTOS, L. A. C. . Distribuição espacial dos componentes da acidez do solo em área de campo natural na região de Humaitá, Amazonas. *Revista de Ciências Agroambientais*, v. 14, n. 1, 2016.
- MARTINEZ, H.E.P. O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. Viçosa: UFV, 2002, 61p
- MARSCHNER, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. 3 Ed. 672p.
- MAXWELL K.; JOHNSON G. N. Chlorophyll fluorescence - A practical guide. *Journal of Experimental Botany*, v. 51, n. 345, p. 659–668, 2000.
- MELO, Nilvan Carvalho et al. Cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum*) hidropônico sob diferentes níveis de fósforo e potássio em solução nutritiva. *Revista Agroecossistemas*, v. 6, n. 1, p. 10-16, 2014.
- MALHOTRA, H., SHARMA, S., & PANDEY, R. Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess. In: *Plant nutrients and abiotic stress tolerance*. Springer, Singapore, p. 171-190. 2018.
- MAURENZA, D.; MARENCO, R. A.; PIEDADE, M. T. F. Efeito da inundação de longa duração sob o crescimento de *Pouteria glomerata* (Sapotaceae), uma arbórea da várzea da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, v. 39, n. 3, p. 519–526, 2009.
- MIGUEL, P. S. B. et al. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. *CES Revista*, v. 24, p. 11–30, 2010.
- NEVES, A. L. R., LACERDA, C. F. D., GUIMARÃES, F. V. A., HERNANDEZ, F. F. F., SILVA, F. B. D., PRISCO, J. T., & GHEYI, H. R. Acumulação de biomassa e extração de nutrientes por plantas de feijão-de-corda irrigadas com água salina em diferentes estádios de desenvolvimento. *Ciência Rural*, v. 39, p. 758-765, 2009.
- NUNES-NESE, A., BRITO, D. S., INOSTROZA-BLANCHETEAU, C., FERNIE, A. R., & ARAÚJO, W. L. The complex role of mitochondrial metabolism in plant aluminum resistance. *Trends in Plant Science*, v. 19, n. 6, p. 399-407, 2014.
- OLIVEIRA R.A, DAROS, E., ZAMBON EJLC, WEBER, H., IDO HOT, BESPALHOKFILHO, J. C, ZUFFELLATO-RIBAS, K. C., & SILVA, D.K.T. Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2007.

OLIVEIRA, E.L. & PAVAN, M.A. Redução da acidez do solo pelo uso de calcário e gesso e resposta da soja cultivada em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., Petrolina, 1994. Anais. Petrolina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ EMBRAPA-CPATSA, p.178.2005.

OLIVEIRA, J. L. B. Hidroponia no Brasil. 2012. Disponível em: <<http://www.labhidro.cca.ufsc.br/hidroponia-no-brasil>>. Acesso em: 12 jan. 2020

OLMOS, I.R.; CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Ciência e Cultura*, Rio de Janeiro, v.28, n.2, p.171-180, 1976.

ONEN, H., FAROOQ, S., GUNAL, H., OZASLAN, C., & ERDEM, H. Higher tolerance to abiotic stresses and soil types may accelerate common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia*) invasion. *Weed Science*, v. 65, n. 1, p. 115-127, 2017.

PADMAVATHI, T. A.V; RAO, D. M. Differential accumulation of osmolytes in 4 cultivars of peanut (*Arachis hypogaea* L.) under drought stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, v. 16, n. 2, p. 151-159, 2013.

PAIVA, W. O. Taxa de polinização cruzada em cubiu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. V. 34. n. 1, p. 145-149, jan, 1999.

PAROLIN, P. *Senna reticulata*, a pioneer tree from Amazonian várzea floodplains. *Botanical Review*, v. 67, p. 239-254, 2001b.

PASQUAL, M.; RAMOS, J. D.; HOFFMANN, A.; CARVALHO, G. R. *Cultura de Tecidos: Tecnologia e Aplicações – Meios de Cultura*. Lavras: UFLA/FAEPE, 127 p. 1997c.

PASSIOURA J.B. Soil structure and plant growth. *Australian Journal of Soil Research*. 29(6) 717 – 728. 1991.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Toxicity of aluminium to coffee in Ultisol and Oxisols amended with CaCO<sub>3</sub> and CaSO<sub>4</sub>. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:1201- 1207, 1982.PAVAN et al., 1985.

PINEDO-PANDURO, M. Análisis de correlación y heredabilidad en el mejoramiento genético del camucamu. *Scientia Agropecuaria*, Trujillo, v.1, p.23-28, 2012.

PIÑEROS, M. A. et al. Aluminum resistance in maize cannot be solely explained by root organic acid exudation. A comparative physiological study. *Plant Physiology*, v. 137, n. 1, p. 231-241, 2005.

POSCHENRIEDER, C. et al. A glance into aluminum toxicity and resistance in plants. *Science of the Total Environment*, v. 400, n. 1–3, p. 356–368, 2008.

POSCHENRIEDER, C., TOLRA, R., HAJIBOLAND, R., ARROYAVE, C., & BARCELÓ, J. Mechanisms of hyper-resistance and hyper-tolerance to aluminum in plants. In: **Aluminum stress adaptation in plants**. Springer, Cham, p. 81-98. 2015.

QUESADA, C. A., LLOYD, J., ANDERSON, L. O., FYLLAS, N. M., SCHWARZ, M., and CZIMCZIK, C. I.: Soils of amazonia with particular reference to the rainfor sites, *Biogeosciences Discuss.*, 6, 3851–3921, 2009a.

RAMANKUTTY, N., MEHRABI, Z., WAHA, K., JARVIS, L., KREMEN, C., HERRERO, M., & RIESEBERG, L. H. Trends in Global Agricultural Land Use: Implications for Environmental Health and Food Security. *Annual Review of Plant Biology*, 69(1), 789–815.2018.

REICHARDT, K; TIMM, L. C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole, 2004.

RIBEIRO, T. P. S., & DURIGAN, M. F. B. Produtos alimentícios a base de cubiu (*Solanum sessiliflorum* dunal) como oportunidade a agroindústria. *Ambiente: Gestão e Desenvolvimento*, v. 11, n. 01, p. 241-250, 2018.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. *Soil Sci.*, 133:378-382, 1982.

RIZVI S, PAGNUTTI C, FRASER E, BAUCH CT, ANAND M. Global land use implications of dietary trends. *PLoS One*. Aug 8;13(8):e0200781. doi: 10.1371/journal.pone.0200781. Erratum in: *PLoS One*. 2018 Oct 3;13(10):e0205312. PMID: 30089155; PMCID: PMC6082513.2018.

ROCHA, H. O.; CARDOSO, A.; SCHIMIDLIN, D.; ROCHA, A. J. Levantamento De Solos da Reserva Rio Cachoeira In: SPVS (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental). Plano de Manejo da Reserva Natural Rio Cachoeira. Vol. 1, Encartes I, II e III. Curitiba, 2005.

RODRIGUES, L. R. F. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. Jaboticabal: Ed. Funep,. 762 p. 2002.

SAMPAIO FILHO, I. D. J.; JARDINE, K.J.; OLIVEIRA, R.C.A. de.; GIMENEZ, B.O.; COBELLO, L.O.; PIVA, L.R.O.; CANDIDO, L.A.; HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.Q. Below versus above Ground Plant Sources of Abscisic Acid (ABA) at the Heart of Tropical Forest Response to Warming. *Int. J. Mol. Sci*, v. 19, n. 7, 2018.

SASAKI, T., YAMAMOTO, Y., EZAKI, B., KATSUHARA, M., AHN, S. J., RYAN, P. R., DELHAIZE, E., MATSUMOTO, H. A wheat gene encoding an aluminum-activated malate transporter. *The Plant Journal*, 37(5), 645-653, 2004.

SCHAEFER, C.E.G.R.; LIMA, H.N.; VALE JÚNIOR, J.F., MELLO, J.W.V. Uso dos solos e alterações da paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciência da Terra*, v.12, p.63-104, 2000.

SERENO A, GIBBERT L, BERTIN R.L, KRÜGER C.C.H.Cultivo do maná-cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) no litoral do paraná e sua contextualização com a segurança alimentar e nutricional. *Divers@ Revista Eletrônica Interdisciplinar*,10: 123-132. 2017

SILVA FILHO, D. F. Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal): Cultivo y utilizacion. Manual técnico. Ministério de Cooperacion Técnica del Reino de los Países Bajos. Secretaria Pro Tempore. Venezuela. 114 p, 1998.

SILVA FILHO, D. F. Discriminação de Etnovarietades de Cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal, Solanaceae) da Amazônia, Com Base em Suas Características Morfológicas e Químicas. 116f. Tese (Doutorado em Botânica Econômica). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Universidade Federal do Amazonas, Manaus.2002.

SILVA FILHO, D. F.; MACHADO, F. M. Hortaliças de frutos. In: CARDOSO, M. O. Hortaliças Não-Convencionais da Amazônia. Brasília: Embrapa. p. 97-104, 1997.

SILVA FILHO, D. F.; NODA, H.; CLEMENT, C. R. Genetic variability of economic characters in 30 accessions of cubiu (*Solanum sessiliflorum* dunal) evaluated in Central Amazonia *Revista Brasileira de Genética*. 16(2):409-417, 1993.

SILVA FILHO, D.F.; NODA, H.; PAIVA, W.O.; YUYAMA, K.; BUENO, C.R.; MACHADO, F.M. Hortaliças não convencionais nativas introduzidas na Amazônia. In: Noda, H.; Souza, L.A.G.; Fonseca, O.J.M. Duas décadas de contribuições do INPA à pesquisa agrônômica no trópico úmido. Manaus, AM. 1997

SILVA, S., PINTO-CARNIDE, O., MARTINS-LOPES, P., MATOS, M., GUEDES-PINTO, H., & SANTOS, C. Differential aluminium changes on nutrient accumulation and root differentiation in an Al sensitive vs. tolerant wheat. *Environmental and Experimental Botany*, v. 68, n. 1, p. 91-98, 2010.

SILVA-FILHO D.F, YUYAMA LKO, AGUIAR J.P.L, OLIVEIRA M.K, MARTINS L.H.P. Caracterização e avaliação do potencial agrônômico e nutricional de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal) da Amazônia. *Acta Amazonica*, 35: 399-405.(1998)

SILVA-FILHO, D.F. Discriminação de etnovarietades de cubiu (*Solanum sessiliflorum* Dunal Solanaceae) da Amazônia, com base em suas características morfológicas e químicas. INPA/UFAM. Manaus, AM. Tese de Doutorado. 117 p. 2002.

SMITH P, GREGORY P.J. Climate change and sustainable food production. *Proc Nutr Soc*. Feb;72(1):21-8. doi: 10.1017/S0029665112002832. Epub 2012 Nov 12. PMID: 23146244.2013.

STEINBEISS, S.; GLEIXNER, G.; ANTONIETTI, M. Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 41, p. 1301-1310, 2009.

STEINER, C.; TEIXEIRA, W. G. & ZECH, W. Slash and char: Na alternative to slash and burn practiced in the Amazon Basin. In: GLASER, B. & WOODS, W. I. (ed). *Amazonian Dark Earths: Explorations in Space and Time*. Berlin: Springer – Verlag. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Plant Physiology*. Editora Artmed, 6 ed. 888 p. 2017.

TEIXEIRA, N.T. Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas. Guaíba: Agropecuária, 86p. 1996.

TEIXEIRA, W. Terra Preta de Índio: Fatos e Mitos dos Solos Antropicos da Amazônia. FERTBIO, Conference paper. 2008.

TEIXEIRA, W.G.; ARRUDA, W.; SHINZATO, E.; MACEDO, R.S.; MARTINS, G.C.; LIMA, H.N.; RODRIGUES, T.E. Solos. In: Maia, M.A.M.; Marmos, J.L. Geodiversidade do estado do Amazonas, Manaus 275p. 2010

TIESSSEN, H.; STEWART, J.W.B. & COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformation in soils of differing pedogenesis. *Soil Sci.*, 48:853-858, 1984.

TORRES, A. C.; BARBOSA, N. V dos R.; WILLADINO, L.; GUERRA, M. P.; FERREIRA, C. F.; PAIVA, S. A. V de. Meios e condições de incubação para a cultura de tecidos de plantas: formulações de meio de cultura de tecidos de plantas. Brasília: Embrapa Hortaliças,. 19p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, n. 24). 2001.

TULCHINSKY T.H. Micronutrient deficiency conditions: global health issues. *Public Health Rev. United Nations*. 2017. World population prospects: the 2017 revision, key findings and advance tables. Work. Pap. No. ESA/P/WP/248, Dep. Econ. Soc. Aff., Popul. Div., New York. 2010.

TULER, A. C., PEIXOTO, A. L., SILVA, N. C. B.. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira. *Rodriguésia*. Minas Gerais, Brasil.2019.

TUMA FILHO, E. J. Alternativas Alimentares: Café Rural, Trigo Caboclo e Cubiu. Belém: Emater,. 32 p.1997.

UEHARA, G. Acric properties and their significance to soil classification. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., Rio de Janeiro, 1986. Proceedings. Rio de Janeiro: EMBRAPA/ SNLCS,. p.19-22.1988.

VALARINI, P. J., OLIVEIRA, F. R., SCHILICKMANN, S. D. F., & POPPI, R. J. Qualidade do solo em sistemas de produção de hortaliças orgânico e convencional. *Horticultura Brasileira*, v. 29, p. 485-491, 2011.

VILLELA, D. M.; LACERDA, L. D. Dinâmica de elementos minerais em folhas de duas espécies arbóreas de cerrado. *Revista Brasileira de Biologia*. v.52, n.1, p.151-160, 1992.

VOLLMAR, M.; SCHLIEPER D.; WINN, M.; BÜCHNER, C.; GROTH, G. Structure of the c14 rotor ring of the proton translocating chloroplast ATP synthase *J. Biol. Chem.*, 2009.

VON UEXKULL H. R, MUTERT, E. Global extent, development and economic-impact of acid soils. " *Plant Soil* 171:1–1. 1995.

WATANABE, T; OSAKI, M. Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils: a review. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 33, n. 7-8, p. 1247-1260, 2002.

WHALEN, M. D.; COSTICH, D. E.; HEISER, C. B. Taxonomy of section lasiocarpa. *GentesHerbarrum*, 12(2):41-129, 1981.

YAN, W.; ZHONG, Y.; SHANGGUAN, Z. A meta-analysis of leaf gas exchange and water status responses to drought. *Scientific Reports*, v. 6, 2016.

WANG, T., CAMPS ARBESTAIN, M., HEDLEY, M., & BISHOP, P. Chemical and bioassay characterisation of nitrogen availability in biochar produced from dairy manure and biosolids. *Organic Geochemistry*, 51, 45-54, 2013.

ZAMIR D Improving plant breeding with exotic genetic libraries. *Nature Reviews Genetics*, 2:983-989.2001.