



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MELHORAMENTO GENÉTICO DE**  
**PLANTAS**

**ROBERTA MARIA FERREIRA PAES**

**CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE ACESSOS DE *Paspalum* QUANTO A**  
**RESILIÊNCIA AO CULTIVO EM TELHADOS VERDES EXTENSIVOS**

**RECIFE – PE**

**2020**

**ROBERTA MARIA FERREIRA PAES**

**CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE ACESSOS DE *Paspalum* QUANTO A  
RESILIÊNCIA AO CULTIVO EM TELHADOS VERDES EXTENSIVOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas”, para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Vivian Loges.

Coorientadores: Prof. Dr. Fabrício Marcos Oliveira Lopes e PNPd Simone Santos Lira Silva.

**RECIFE – PE**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

P126c Paes, Roberta Maria Ferreira  
Caracterização e seleção de acessos de Paspalum quanto a resiliência ao cultivo em telhados verdes extensivos / Roberta Maria Ferreira Paes. - 2020.  
88 f. : il.

Orientadora: Vivian Loges.  
Coorientadora: Simone Santos Lira Silva.  
Inclui referências e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Melhoramento Genético de Plantas, Recife, 2021.

1. Cobertura vegetal. 2. Gramas nativas . 3. Técnicas de fenotipagem. I. Loges, Vivian, orient. II. Silva, Simone Santos Lira, coorient. III. Título

---

CDD 581.15

**ROBERTA MARIA FERREIRA PAES**  
**CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE ACESSOS DE *Paspalum* QUANTO A**  
**RESILIÊNCIA AO CULTIVO EM TELHADOS VERDES EXTENSIVOS**

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora em: 20/10/2020

**ORIENTADOR:**

*Vivian Loges*

---

Profa. Dra. Vivian Loges (UFRPE/DEPA)

**BANCA EXAMINADORA:**

*Ana Cecília Ribeiro de Castro*

---

Dra. Ana Cecília Ribeiro de Castro (Embrapa CNPAT)

*Rosimar dos Santos Musser*

---

Profa. Dra. Rosimar dos Santos Musser (UFRPE/DEPA)

*Vicente de Paulo Silva*

---

Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva (UFRPE/DTR).

**RECIFE – PE**

**2020**

*Dedico aos meus amados pais, João Ferreira Paes (in memória) e Severina Maria da Silva, por todo apoio e motivação na minha trajetória. Dedico também ao meu esposo Nilson, por toda sua compreensão e ajuda. Amo vocês, saibam que são meu porto seguro.*

Aprendi com Deus que ventos fortes nos fazem atravessar desertos como sementes e voltarmos como flores.

Aprendi com Deus que palavras voam como pássaros, mas atitudes silenciosas são como árvores, que se fincam no chão, criam raízes e dão frutos.

Aprendi com Deus que até o céu tem seu tempo de azul e cinza, de nuvens e de sol, de luz e de escuridão, mas que tudo acontece no seu tempo.

Aprendi com Deus que acordamos todas as manhãs porque ele é quem nos desperta todas para novas batalhas e novas vitórias.

Aprendi com Deus que nada é por acaso, que para tudo e todos existe uma resposta e que com paciência tudo se encaixa no seu devido lugar.

Aprendi com Deus que não existe sorte, existem bênçãos, que somos frutos de amor sem igual e sem limites e que a fé nos faz abençoados todos os dias pelo zelo e misericórdia de Deus.

(Autor desconhecido)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus toda honra, toda glória, todo louvor, toda adoração, meu tributo, minha gratidão. A minha família pelo apoio, incentivo e pelas orações. Especialmente ao meu amado esposo Nilson Nascimento, por toda dedicação e compreensão. Obrigada por estarem sempre ao meu lado, amo vocês.

Aos meus orientadores a Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Vivian Loges, Prof. Dr. Pabrcício Marcos Oliveira Lopes e a bolsista de PNPd/CAPES Simone Santos Lira Silva, obrigada queridos por enfrentar comigo o desafio proposto para realização deste trabalho e por todos os ensinamentos, confiança, disponibilidade e paciência.

Ao Laboratório de Floricultura da UFRPE (Laflor), que me acolheu e me apoiou durante todo o mestrado. Minha equipe amada, (composta por Alexandra Santos, Aline Formolo, Adriano Santos, Fernanda Silva, Letícia Silva, Pedro Bandeira, Carlyn Yakubu, Eduardo Lopes, João Albuquerque e Raiane Silva), estarão sempre em meu coração, compartilhamos muitos momentos de alegria e aprendizado. As amizades adquiridas com meus colegas de curso que foram um presente de Deus: Fernanda Souza, Ruana Silva, Juliana, Joseane Gomes, Jakellyne Silva, Lucas Araújo, Jordana Santos, Alane Daniele, Jakson Batalha e Islan Carvalho. Grata por todos os momentos e conhecimentos compartilhados.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, pela oportunidade de realização do mestrado. A todos os professores do Programa Pós-Graduação de Melhoramento Genético de Plantas pelos ensinamentos e experiência vivenciadas durante as disciplinas, a cada membro do corpo administrativo, em especial a secretária Bernadete, por sempre me auxiliar nos processos burocráticos com toda dedicação e empenho. Aos Técnicos Agrícolas Fabian Silva e Fernando responsáveis pelo setor da horta, por toda sua disponibilidade e auxílio juntamente com toda sua equipe, tornando possível a execução do experimento.

Aos membros titulares e suplentes da banca examinadora, Dra. Ana Cecília, Profa. Dra. Rosimar e Prof. Dr. Vicente, Profa. Dra. Angélica Virgínia; Profa. Dra. Gheysa, por terem aceitado o convite para participar desse momento da minha trajetória acadêmica.

Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos. A todos que fizeram parte da realização desta etapa acadêmica tão importante na minha vida.

Muito obrigada!

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 1.** Classificação geral e execução das coberturas vivas. ....23
- Tabela 2.** Tipos de telhados e suas principais características de acordo com a Associação Internacional de Telhados Verdes.....23
- Tabela 3.** Tipos de imagens mais comuns aplicadas à fenotipagem de plantas, equipamentos utilizados e características avaliadas.....30

### CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Acessos de *Paspalum* spp. avaliados no experimento. ....45
- Tabela 2.** Análise do solo utilizado no experimento .....46
- Tabela 3.** Taxa de pegamento (TAP %) dos acessos de *Paspalum* aos 30 DAP....48
- Tabela 4.** Taxa de persistência (TPER %) dos acessos de *Paspalum* aos 180 DAP. ....50

### CAPÍTULO III

- Tabela 1. Acessos de *Paspalum* spp. avaliados no experimento.....68



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1.** (A) Exemplo do cálculo NDVI e as folhas sadia à esquerda e a seca a direita (SATO, 2020); (B) Valores de NDVI consagrados na bibliografia para vegetação (EOS, 2019).....28

### CAPÍTULO II

**Figura 1.** Mudanças de *Paspalum* spp. Recife - PE, UFRPE, 2018.....46

**Figura 2.** Desenvolvimento de *Paspalum* spp. e médias da capacidade de cobertura do solo - CC (%), aos 365 DAP. Recife - PE, UFRPE, 2018/2019.\*Imagens binarizadas pelo programa ImageJ; \*\*Capacidade de CC (%);Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento Scott Knott (1974) a 5% de probabilidade. ....52

**Figura 3.** . Altura de crescimento dos acessos de *Paspalum* spp. aos 365 DAP. Recife – PE, UFRPE, 2019. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott Knott (1974) a 5% de probabilidade.....53

**Figura 4.** Regressão altura de crescimento de acessos de *Paspalum* a cada seis meses. Recife - PE, 2019.....57

**Figura 5.** Biomassa fresca e seca da folha (BFF e BSF), radicular (BFR e BSR) e de rizomas (BFRZ e BSRZ) (g/planta), de acessos de crescimento prostrado de *Paspalum* spp. aos 365 DAP. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas constituem grupo estatisticamente homogêneo. ....59

**Figura 6.** Biomassa fresca e seca da folha (BFF e BSF), e radicular (BFR e BSR) (g/planta), para os acessos tipo tufo de *Paspalum* spp. aos 365 DAP. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas constituem grupo estatisticamente homogêneo. ....60

### CAPÍTULO III

**Figura 1.** Exemplo do processamento de imagem do acesso *Paspalum* spp. PNO5 aos 365 DAP para a classificação baseada no índice de vegetação (SAVI), onde

foram estabelecidas classes conforme a coloração da imagem em vegetação verde (vermelho), vegetação seca (amarelo) e solo exposto (azul).....	70
<b>Figura 2.</b> Médias das variáveis observadas para Índice de vegetação SAVI em acessos de <i>Paspalum</i> spp.: A - capacidade de cobertura (CC - %); B - índice de vegetação ajustado para correção dos efeitos do solo (SAVI); C - matéria verde (MV-%) e D - matéria seca (MS). Barras verticais representam os desvios padrões das estimativas de médias. Comparadas pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas constituem grupo estatisticamente homogêneo. ....	73
<b>Figura 3.</b> Médias pareadas dos acessos de <i>Paspalum</i> spp. nas avaliações realizadas aos 350 e 365 DAP. A - capacidade de cobertura (CC - %); B - índice de vegetação ajustado para correção dos efeitos do solo (SAVI); C - matéria verde (MV-%) e D - matéria seca (MS-%); *Significancia a 5% entre as avaliações .....	74
<b>Figura 4.</b> Comportamento entre as avaliações do acesso de <i>Paspalum</i> spp. CE5 aos 350 e aos 365 DAP. ....	74
<b>Figura 5.</b> Climatologia de Precipitação e Temperatura de 07 de maio a 07 de junho de 2019 (UFRPE, 2019).....	75
<b>Figura 6.</b> Análise de regressão linear. A – (SAVI e CC%); B – (SAVI e MV%); C – (SAVI e MS%). ....	77
<b>Figura 7.</b> Caracterização meteorológica da área de estudo em Recife-PE para o dia 07 de junho de 2019. temperatura e umidade relativa do ar(A); déficit de pressão de vapor(B); velocidade do vento (C) e radiação solar incidente (D) (UFRPE, 2019)....	78
<b>Figura 8.</b> Termometria foliar – TMF (A); Termografia foliar (B) - TGF; Termometria dossel(C) – TMD; Termografia dossel – TGD (D). ....	79
<b>Figura 9.</b> Análise de regressão relacionando as técnicas de termometria e termografia foliar e dossel. ....	80
<b>Figura 10.</b> Diferença de temperatura entre a folha e o ar (Tf-Tar) para 16 acessos de <i>Paspalum</i> para o dia 07 de junho de 2019, em Recife- PE.....	81
<b>Figura 11.</b> Fotos térmicas e escala de cores referentes a temperaturas do dossel dos 16 acessos de <i>Paspalum</i> spp. realizadas no dia 07 de junho de 2019, no período das 13h às 16h: PNO1 (A); PNO2 (B); PNO3 (C); PNO5 (D); PNO6 (E); PNO7 (F); CE2 (G); CE5 (H); CE9 (I); PCO1 (J); PCO2 (K); PCO3 (L); PIO1 (M); PRH1 (N); PRH2 (O); PRO1 (P).	

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I .....	15
1 INTRODUÇÃO .....	16
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	18
2.1 Gênero <i>Paspalum</i> .....	18
2.2 Gramíneas para cobertura vegetal em telhados verdes .....	21
2.4 Técnicas de fenotipagem de plantas.....	25
3 REFERÊNCIAS.....	32
CAPÍTULO II .....	41
Introdução .....	43
Material e métodos.....	44
Resultados e Discussão.....	48
Conclusão .....	61
Referências .....	61
CAPÍTULO III .....	64
1 Introdução .....	66
2 Material e Métodos.....	66
2.1 Índice de vegetação SAVI.....	69
2.2 Termometria e Termografia .....	71
3. Resultados e Discussão.....	72
3.1 Índice de vegetação SAVI e características relacionadas.....	72
3.2 Termometria e Termografia foliar e dossel .....	77
4. Conclusão .....	82
5. Referências .....	83
ANEXO A - Resumo das análises de variâncias do Capítulo II.....	86
ANEXO B – Resumos das análises de variâncias Capítulo III .....	87

## CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DE ACESSOS DE *Paspalum* QUANTO A RESILIÊNCIA AO CULTIVO EM TELHADOS VERDES EXTENSIVOS

### RESUMO:

O uso de cobertura vegetal em telhados verdes contribui para a formação de microecossistemas no meio urbano, aumentando a área verde. Contudo, a seleção de plantas adequadas para uso em telhados verdes representa o fator mais crítico para o desempenho dos mesmos. Pesquisas com gramas do gênero *Paspalum* para telhados verdes e outras finalidades de uso, tem contribuído para valorização do potencial genético de plantas nativas. O presente trabalho teve como objetivo de caracterizar e selecionar acessos de *Paspalum* spp. para uso em telhados verdes extensivos, com base em características de funcionalidades ecológicas e estéticas, além de utilizar técnicas de fenotipagem na caracterização de gramas nativas para uso em telhados verdes. Simulando uma condição de telhado verde, o experimento foi realizado de maio de 2018 a junho de 2019, na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife. Os 16 materiais genéticos fornecidos pela EMBRAPA Pecuária Sudeste e utilizados neste trabalho foram: *P. notatum* (PNO1, PNO2, PNO3, PNO5, PNO6 e PNO7); *Paspalum* sp. (CE2, CE5 e CE9); *P. compressifolium* (PCO1, PCO2 e PCO3); *P. rhodopedum* (PRH1 e PRH2); *P. ionanthum* (PIO1); *P. rojasii* (PRO1). Considerando as condições de rusticidade e resiliência avaliadas as plantas foram cultivadas em bandejas com 7 cm de profundidade e preenchidas com solo de baixa fertilidade. As características avaliadas foram: altura de crescimento (Alt-cm); taxa de pegamento (TAP - %) aos 30 dias após o plantio - DAP; taxa de persistência (TPER - %) aos 180 DAP; capacidade de cobertura (CC - %) e biomassa fresca e seca da parte aérea (BFPA e BSPA – g/planta), raízes e rizomas (BFR, BSR e BFRZ, BSRZ - g/planta). Os acessos de crescimento prostrado PNO1, PNO5 e CE5, e o de crescimento ereto (tufo) PIO1 apresentaram melhor adequação de uso para telhados verdes extensivos, com bom estabelecimento, boa capacidade de cobertura, crescimento vertical reduzido, baixa necessidade de manutenção e boa tolerância a profundidade de 7cm. Isto evidencia a resistência e rusticidade dos mesmos às condições adversas do ambiente na ausência de aporte nutricional, como também a boa velocidade de recuperação desses acessos no período que foi ofertado o aporte nutricional enfatizando a resiliência deste gênero. Com relação às técnicas, o Soil-Adjusted Vegetation Index – SAVI, termometria - TM e termografia - TG. A relação do SAVI com a área de cobertura apresentou coeficiente de determinação ( $R^2=0,84$ ), com a matéria verde ( $R^2=0,73$ ), com a matéria seca ( $R^2=0,56$ ). A termografia e a termometria proporcionaram medição de temperatura foliar e de dossel não apresentando diferença significativa entre os acessos para temperatura foliar (TMF e TGF) e para termometria dossel (TMD), já para a termografia dossel - TGD houve diferença significativa, tendo os acessos de crescimento ereto apresentaram menores temperaturas de dossel do que os de crescimento rasteiro. A relação entre as técnicas apresentaram elevados valores de coeficiente de determinação ( $R^2=0,85$ ) entre TMF e TGF e ( $R^2=0,91$ ) entre TMD e TGD. Diante do exposto o índice SAVI pode ser utilizado para estimativa da capacidade de cobertura (CC), identificar o quanto dessa cobertura é de matéria verde (MV%) e o quanto é matéria seca (MS%). As temperaturas foliares e de dossel podem ser utilizadas como indicativo

de déficit hídrico em acessos de *Paspalum*, utilizando tanto o termômetro de infravermelho (mais acessível), quanto à câmera termográfica. A termografia de dossel - TGD também pode ser utilizada para avaliar o desempenho térmico de telhados verdes. Imagens termográficas indicaram que acessos *Paspalum* de crescimento ereto (tufo) possivelmente podem proporcionar um melhor conforto térmico.

**Palavras-chave:** Cobertura vegetal; gramas nativas; técnicas de fenotipagem.

## **CHARACTERIZATION AND SELECTION OF *Paspalum* ACCESSES AS TO RESILIENCE TO CULTIVATION ON EXTENSIVE GREEN ROOFS**

### **ABSTRACT:**

The use of vegetation cover on green roofs contributes to the formation of microecosystems in the urban environment, increasing the green area. However, the selection of plants suitable for use on green roofs represents the most critical factor for their performance. Research with grasses of the *Paspalum* genus for green roofs and other purposes of use, has contributed to the enhancement of the genetic potential of native plants. This study aimed to characterize and select accessions of *Paspalum* spp. for use on extensive green roofs, based on characteristics of ecological and aesthetic features, in addition to using phenotyping techniques in the characterization of native grasses for use on green roofs. Simulating a green roof condition, the experiment was carried out from May 2018 to June 2019, at the Federal Rural University of Pernambuco - UFRPE, Recife. The 16 genetic materials provided by EMBRAPA Pecuária Sudeste and used in this work were: *P. notatum* (PNO1, PNO2, PNO3, PNO5, PNO6 and PNO7); *Paspalum* sp. (CE2, CE5 and CE9); *P. compressifolium* (PCO1, PCO2 and PCO3); *P. rhodopedum* (PRH1 and PRH2); *P. ionanthum* (PIO1); *P. rojasii* (PRO1). Considering the rusticity and resilience conditions evaluated, the plants were grown in 7 cm deep trays and filled with low fertility soil. The evaluated characteristics were: growth height (Alt-cm); setting rate (TAP -%) at 30 days after planting - DAP; persistence rate (TPER -%) at 180 DAP; covering capacity (CC -%) and fresh and dry shoot biomass (BFPA and BSPA - g / plant), roots and rhizomes (BFR, BSR and BFRZ, BSRZ - g / plant). The accessions of prostrate growth PNO1, PNO5 and CE5, and that of upright growth (tuft) PIO1 showed better suitability of use for extensive green roofs, with good establishment, good coverage capacity, reduced vertical growth, low maintenance and good tolerance. the depth of 7cm. This shows the resistance and rusticity of the same to the adverse conditions of the environment in the absence of nutritional support, as well as the good speed of recovery of these accessions in the period that the nutritional support was offered emphasizing the resilience of this genus. Regarding the techniques, the Soil-Adjusted Vegetation Index - SAVI, thermometry - TM and thermography - TG. The relationship between SAVI and the coverage area showed a coefficient of determination ( $R^2 = 0.84$ ), with green matter ( $R^2 = 0.73$ ), with

dry matter ( $R^2 = 0.56$ ). Thermography and thermometry provided measurement of leaf temperature and canopy showing no significant difference between the accessions for leaf temperature (TMF and TGF) and for canopy thermometry (TMD), whereas for canopy thermography - TGD there was a significant difference, with accessions of upright growth showed lower canopy temperatures than those of low growth. The relationship between the techniques showed high values of determination coefficient ( $R^2 = 0.85$ ) between TMF and TGF and ( $R^2 = 0.91$ ) between TMD and TGD. Given the above, the SAVI index can be used to estimate the coverage capacity (CC), identify how much of this coverage is green matter (MV%) and how much is dry matter (MS%). Leaf and canopy temperatures can be used as an indication of water deficit in Paspalum accessions, using both the infrared thermometer (more accessible) and the thermographic camera. Canopy thermography - TGD can also be used to evaluate the thermal performance of green roofs. Thermographic images indicated that Paspalum accessions of erect growth (tuff) may possibly provide better thermal comfort.

**Key words:** Vegetal cover; Native grasses; phenotyping techniques.

## **CAPÍTULO I**

---

**(Revisão de literatura)**

## 1 INTRODUÇÃO

Os gramados além de compor paisagens naturais, também são componentes fundamentais de paisagens antrópicas em quase todo o mundo. No meio urbano, contribui atenuando ruídos, dissipando calor e conseqüentemente reduzindo o estresse em populações. A utilização de gramas como cobertura vegetal é uma prática agrícola empregada para diversos fins, como, paisagísticos, recreativos, esportivos, ornamentais e ambientais, funcionando principalmente como recobrimento protetivo, em telhados verdes, desempenhando funções ecológicas e estéticas (STIER et al., 2013; SOUZA et al., 2016; 2020).

Os telhados verdes desempenham serviços ecossistêmicos no meio urbano, podendo minimizar o calor no ambiente construído e a emissão de poluentes, reter águas pluviais, fornecer habitat criando microecossistemas, além de atribuir valores estéticos, tornando a paisagem mais agradável e bela. As espécies de plantas e os tipos de vegetação diferem em sua capacidade de fornecer esses serviços. A seleção de plantas pode otimizar a funcionalidade dos serviços ecossistêmicos dos telhados verdes, pois estas por sua vez, estão submetidas a condições adversas em relação aos ecossistemas naturais, como menores profundidades de plantio e ventos fortes. Desta forma a seleção de plantas adequadas contribui para garantir a sobrevivência da vegetação (LUNDHOLM et al., 2015).

O uso de gramados envolve as interações destes com diferentes ambientes e sua adequação a ambientes específicos (STIER et al., 2020). Desta forma é notória a importância da seleção de espécies, para que sejam empregadas de forma adequada, e assim possam expressar seu potencial genético. Para telhados verdes, é importante que as plantas atendam critérios como: rusticidade, serem nativas e adaptadas (PEREIRA et al., 2015). Para os telhados extensivos, essas características são especialmente desejáveis por se empregar menor profundidade, ausência de irrigação e baixa manutenção (IGRA, 2018).

Espécies nativas do gênero *Paspalum* apresentam potencial para serem indicados em telhados verdes, pois conforme Maciel et al. (2010) apresentam rusticidade, resistência à seca, tolerantes a solos ácidos e de baixa fertilidade. Contudo no Brasil a cobertura de solo com gramados é comumente realizada com espécies exóticas. Apesar das espécies do gênero *Paspalum* apresentarem uma ampla variabilidade genética intra e interespecífica, e grande potencial para uso



como gramados, sendo a espécie a *Paspalum notatum* Flügge a mais amplamente utilizada, no Brasil, ainda é reduzido o número de cultivares nativos disponíveis para comercialização, o que contribui para o extrativismo ilegal das gramas nativas (ARIGONI, 2012; CASTRO et al., 2015ab; SOUZA et al, 2020).

As técnicas tradicionais de caracterização para seleção no melhoramento genético de plantas são promissoras e contribuem significativamente para o sucesso das pesquisas. Contudo um fator limitante está nas informações quantitativas sobre as complexas características necessárias às plantas para enfrentar, condições de estresse como alagamentos, secas, e altas temperatura, situações as quais as plantas podem está sujeitas, quando cultivadas em telhados verdes extensivos. Neste contexto inserem-se as novas técnicas de fenotipagem, entre estas, aquelas com análise de imagens espectrais e térmicas, norteando diferentes rotas para o melhoramento genético de plantas (MORAIS; CHIES; CAVALCANTI, 2017).

Essas novas técnicas de fenotipagem, também chamada de fenotipagem de alto rendimento, surgem como uma ferramenta de suma importância para examinar componentes fenotípicos. A eficiência no processamento de imagens e a obtenção dos dados é um pré-requisito para quantificar o crescimento e o desempenho das plantas com base em características fenotípicas (KLUKAS et al., 2014). A utilização de imagens se tornou tecnologias-chave na fenotipagem de plantas e tem como objetivo principal quantificar fenotipicamente as características vegetais por meio da interação entre as plantas e a luz, como fótons refletidos, fótons absorvidos ou fótons transmitidos (RAHAMAN, 2015).

As novas técnicas de fenotipagem somam recursos para agilizar o processo de caracterização e seleção de plantas, contudo a resistência e a resiliência apresentadas por estas, em condições adversas, como de telhado verde extensivo, indicam se tais espécies são adequadas, para que assim o telhado possa se estabelecer e desempenhar suas funcionalidades com sucesso.

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo caracterizar e selecionar acessos de *Paspalum* spp. para uso em telhados verdes extensivos com base em características de funcionalidade ecológica e estéticas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Gênero *Paspalum*

O gênero *Paspalum* L. é um dos maiores da família *Poaceae*, apresenta em torno de 800 gêneros, e 10.000 espécies. Apresenta ampla distribuição geográfica e importância econômica. Habitam regiões ecologicamente diversas com distribuição tropical e subtropical, com maior concentração nas Américas (CHASE, 1929; WATSON; DALWITZ, 1992). São responsáveis pela biodiversidade de ecossistemas de pastagens na América do Sul. Desta forma, o continente americano é evidenciado como centro de origem e de diversificação genética da maioria das espécies deste gênero (BATISTA; GODOY, 1992; BATISTA, 2007). Apresenta potencial de interesse para o Brasil, tendo em vista que das 350 espécies (ZULOAGA; MORRONE, 2005; RUA et al., 2010), 214 espécies são de ocorrência nacional (FLORA DO BRASIL 2019), tornando o Brasil o país que mais abriga espécies de *Paspalum* (CHASE, 1929), sendo 32 espécies de ocorrência em Pernambuco (MACIEL et al., 2009).

Este gênero abrange plantas anuais ou perenes, com hábitos de crescimento, cespitoso, estolonífero ou rizomatoso; o colmo pode ser ereto, decumbente, semiprostrado, prostrado ou inclinado; com a presença de um a sete nós, ou mais. As folhas podem ser localizadas na base ou distribuídas ao longo do colmo; a bainha da folha pode apresentar-se glabra, pubescente, quase sempre pilosa. Suas inflorescências apresentam de um a setenta ramos, podendo ser alternos, subconjugados ou conjugados; a inflorescência axilar pode estar ausente ou presente; a ráquis é glabra, com tricomas esparsos, escabra ou foliácea. As espiguetas podem assumir formas elípticas, obdeltóide, oboval, oval, suborbiculares, orbiculares, escultiforme, côncavo-convexa, plano-convexa, aguda, apiculada, acuminada, obtusa, pareada ou solitária, com a presença ou ausência de glumas inferiores e superiores (MACIEL et al., 2009).

A importância do gênero *Paspalum* fundamenta-se por sua ampla variabilidade, adaptabilidade e diversidade, proporcionando potencial forrageiro (BATISTA et al., 1995; 2000; 2007; LIMA MEIRELLES, 2013), ecológico (GALVÃO, 2016), ornamental (CASTRO et al., 2015b; BASTOS et al., 2015). Diante disto, vem

despertando o interesse de pesquisadores para a seleção de espécies passíveis de integrar programas de melhoramento genético com a finalidade de cobertura do solo.

Para suporte de recursos genético destas pesquisas existe o Banco Ativo de Germoplasma de *Paspalum* (BAG-*Paspalum*) localizado na unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pecuária Sudeste, no município de São Carlos, no estado de São Paulo, tem como objetivo, preservar, multiplicar e caracterizar os recursos genéticos deste gênero (EMBRAPA, 2010).

O BAG busca atender às principais demandas por parte dos programas de pesquisa, visando o desenvolvimento de cultivares de gramas para serem utilizadas em estabilização de encostas, gramados em áreas de recreação, jardins, como também para amenizar a temperatura em áreas urbanas. O BAG apresenta mais de 320 acessos de 37 espécies coletadas em várias regiões do Brasil, do Rio Grande do Sul ao Amapá (EMBRAPA, 2010).

Com o objetivo de elevar o número de cultivares nativos, a Embrapa Pecuária Sudeste, em parceria com várias instituições, desde 2011, vem desenvolvendo pesquisas com os gêneros *Paspalum* e *Axonopus* (SOUZA, 2013). O projeto intitulado “Cobertura vegetal permanente de superfície do solo com múltiplos propósitos funcionais” é exemplo desta iniciativa. Este por sua vez se desenvolveu por meio de Arranjos Cobersolo, que se caracteriza como a junção de projetos convergentes, complementares e sinérgicos, destinados a desafios prioritários em no tema em questão, buscando solução para os problemas rurais, urbanos e industriais através das plantas nativas (EMBRAPA, 2017).

Entre as instituições parceira está a Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE que realiza pesquisas voltadas para seleção de gramas do gênero *Paspalum* e *Axonopus* nativas para uso como coberturas verdes em gramados e, recentemente, em telhados e paredes verdes (SILVA, 2015; BASTOS et al., 2015; SILVA et al., 2018; SANTOS et al., 2019; FORMOLO et al., 2019; SILVA et al., 2020abc).

O emprego de gramas nativas possibilita benefícios ambientais, configurando-se como uma alternativa ecológica, de baixo custo, destacando o papel da vegetação na estabilidade de taludes e encostas, elevando a eficácia dos projetos de recuperação ambiental em áreas urbanas e rurais, atuando como

regulador do regime hidrológico, além do incremento da resistência dos solos promovido por mecanismos como o reforço radicular (OLIVEIRA et al., 2012).

A utilização de recursos naturais abundantes, podendo trazer grandes contribuições para o setor do agronegócio. Neste contexto se insere a gramicultura, que tem se tornado um segmento importante no agronegócio mundial, demonstrando-se um mercado rentável envolvendo milhões de dólares (SOUZA et al., 2016).

Vale salientar que no Brasil tem se priorizado o cultivo de espécies exóticas em detrimento as nativas, como exemplo, a exótica grama-esmeralda (*Zoyzia japonica* Steud) que é grama mais comercializada no Brasil entre as gramas cultivadas, desde a região sul até a região nordeste, sendo muito utilizada no paisagismo e em contenção de taludes e em áreas com potenciais problemas de erosão, como também é a grama mais utilizada para telhados verdes (GODOY et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2018). No paisagismo brasileiro a grama esmeralda é a mais utilizada em áreas residenciais e industriais. Além de sua rusticidade, e adaptação aos diferentes climas brasileiros, demanda baixa manutenção e é facilmente encontrada devido a grande oferta (ASSOCIAÇÃO GRAMA LEGAL, 2020).

Entre as nativas a espécie *Paspalum notatum* Flüggé var. *notatum*, ocupa a maior parte do mercado nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, que sofre com a problemática da exploração comercial de forma extrativista e ilegal, resultando impactos ambientais significativos (ARIGONI, 2012). Para Souza (2013), novas cultivares poderiam ser obtidas em curto prazo, a partir de seleções feitas na variabilidade existente, antes mesmo de serem utilizadas técnicas moleculares ou de hibridações. Contudo ambas as técnicas também apresentam valores significativos para as etapas posteriores no lançamento destas cultivares, o que confere um caráter multidisciplinar à pesquisa científica na seleção de espécies para uso como gramados.

Vários estudos salientam a importância da seleção e caracterização dos recursos genéticos nativos de *Paspalum* com potencial para uso como gramados e cobertura vegetal (SILVA et al., 2018; SOUZA et al., 2020). Essa importância pode ser explicada pela rusticidade e resiliência dos gramados desse gênero, em sua capacidade de resistir e de se recuperação nas condições mais adversas de cultivo, possibilitando seu emprego em diversas formas de uso cultivadas sob diferentes condições brasileiras (SOUZA et al., 2016).

## 2.2 Gramíneas para cobertura vegetal em telhados verdes

De acordo com o último censo 84,4% da população brasileira vive nos centros urbanos (IBGE, 2010). O adensamento urbano vem gerando uma interferência no comportamento térmico das cidades, resultante da aglomeração de prédios, das pavimentações, do acúmulo de gases poluentes, redução dos espaços verdes entre as áreas construídas, entre outros, causando impactos ambientais (MORAIS, 2004).

Essa interferência causa a elevação da temperatura nesses locais resultando um desconforto térmico, as chamadas, “Ilhas de calor” definidas como bolsões de ar aquecido presentes no meio urbano, resultantes da capacidade que os diferentes materiais construtivos, utilizados na estruturação urbana, tem de trocar energia com Sol e das funcionalidades urbanas (AMORIM, 2017). Os bolsões mais aquecidos localizam-se em áreas de urbanização densa e com pouca vegetação (TEIXEIRA; AMORIM, 2018). As ilhas de calor urbana causam efeitos de diferenças térmicas, correspondendo a locais com temperaturas mais elevadas que o meio ambiente imediato, variando entre 5 e 10 °C (SADDI; MOURA, 2010).

Para tal problemática a cobertura vegetal contribui de forma significativa nos centros urbanos através do emprego da técnica de telhados verdes, também chamado de *Green roof*. Este é um sistema construtivo caracterizado por uma cobertura vegetal, podendo ser instalado em lajes ou até mesmo sobre telhados convencionais, possuindo camadas de impermeabilização e de drenagem, que recebem o solo e a vegetação indicada para o projeto, atenuando ilhas de calor, ofertando conforto térmico, visual e acústico, contribuindo também para o manejo das águas pluviais e formação de microecossistemas (RIOS, 2016; FERRAZ, 2012).

Savi (2015) afirma que os telhados verdes possuem uma composição de camadas basicamente da seguinte forma: estrutura (laje, telha metálica, chapa de madeira, entre outras, desde que apresentem resistência compatível à carga do sistema de telhado verde que se pretende adotar); impermeabilização (para lajes a manta asfáltica é a mais utilizada); drenagem (encaminha a água para o dreno, para que o solo não fique completamente saturado); substrato (camada que dá suporte à vegetação e supre a necessidade de nutrientes e água) vegetação (depende da região onde será instalado o telhado verde) e das variáveis climatológicas (temperatura, umidade do ar, radiação, pressão, vento, evaporação, insolação e precipitação).

Segundo Scherer (2018) os telhados vegetados ou coberturas vivas correspondem a uma forma de cobertura superior nas edificações, possuindo um sistema de camadas de solo e vegetação, ou outras camadas não orgânicas, apropriado para cada caso (manta de retenção de substrato; camada de drenagem; manta anti-raiz e impermeabilização).

Para Tassi et al. (2014), os telhados verdes são comumente conhecidos por converter a superfície de um telhado convencional em um espaço multifuncional, fazendo uso da vegetação. Estes por sua vez, são eficientes no controle do escoamento superficial, além de contribuir para a redução do volume das águas pluviais direcionadas para as redes de drenagem.

No município do Recife a Lei 18.112/2015 estabelece que projetos de edificações habitacionais multifamiliares com mais de quatro pavimentos e não habitacionais com mais de 400 m<sup>2</sup> de área de cobertura, deverão prever a implantação de telhado verde. Em seu § 2º estabelece que o telhado verde pode ser do tipo extensivo ou intensivo, que preferencialmente seja nativa para que suporte as condições climáticas do município, com suas variações de temperatura e umidade (RECIFE-PE, 2015). Estudos realizados por Mendes et al. (2019), na cidade do Recife comprovaram que as áreas verdes, apresenta extrema importância como regulador termal de um ambiente, reduzindo temperaturas locais, tornando os ambientes mais agradáveis. Desta forma os telhados verdes constituem uma ferramenta importante para a inserção de vegetação na área urbana.

Quanto a sua forma de execução os telhados verdes são classificados em duas categorias: extensivo e intensivo. Esta classificação está relacionada com a profundidade do substrato e, conseqüentemente, com o porte da planta atrelada a necessidade de maior ou menor manutenção. Em telhados extensivos a profundidades da camada de substrato geralmente é de até 10 cm, em espaços pouco acessíveis e a vegetação utilizada é de pequeno porte e adaptada à baixa manutenção e às condições do clima da região. Já os intensivos a altura da camada de substrato deve ser entre 10 cm a 40 cm. Geralmente são planejados como jardins, onde os caminhos e os espaços de contemplação são delimitados, sendo o porte da vegetação variado, podendo ser utilizadas de gramíneas até arbustos ou árvores de pequeno porte (JOHNSTON; NEWTON, 2004; MINKE, 2004).

Dentro das categorias, quanto à forma de execução dos telhados verdes, Scherer (2018), o distingue entre contínuos ou modulares, sendo apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação geral e execução das coberturas vivas.

Extensivo		Intensivo		
Pouca altura do substrato (até 10 cm), vegetação de pequeno porte (gramíneas e forrações) menor custo de manutenção.		Maior altura de substrato (de 10 a 40 cm) vegetação de maior porte, arbustos ou árvores maior custo de manutenção.		
Contínuo	Modular	Contínuo	Modular	Misto
Sistema tradicional; camadas dispostas uma a uma; geralmente não necessita de manutenção ou irrigação.	Módulos pré-fabricados já com as camadas e a vegetação; geralmente necessitam de irrigação.	Camadas dispostas uma a uma; maior altura de substrato; necessita de manutenção e irrigação.	Módulos pré-fabricados; maior altura para retenção de água e necessita de manutenção.	Mescla dos sistemas contínuos e modulares com caminhos acessíveis e jardineiras

Fonte: SCHERER, (2018).

A Associação Internacional de Telhados Verdes quanto à forma de execução considera além de extensivo e intensivo, o sistema semi-intensivo apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Tipos de telhados e suas principais características de acordo com a Associação Internacional de Telhados Verdes.

	Tipos de telhado verde		
	Extensivo	Semi- Intensivo	Intensivo
Manutenção Irrigação	Baixo Não	Periodicamente	Alto Regularmente
Comunidade de Plantas	Musgo, <i>Sedum</i> , Ervas e Gramas	Gramas, Ervas e Arbustos	Gramado ou Perenes, Arbustos e árvores. 150 - 400 mm
Acumulação de Altura	60 - 200 mm	120 - 250 mm	Nas garagens subterrâneas > 1.000 mm
Peso Custos	60 - 150 kg/m <sup>2</sup> Baixo	120 - 200 kg/m <sup>2</sup> Médio	180 - 500 kg/m <sup>2</sup> Alto
Uso	Camada de Proteção Ecológica	Telhado Verde Projetado	Parque como Jardim

Fonte: IGRA, 2018

Tassi et al. (2014), no entanto, definem telhados extensivos, como aqueles poucos profundos (5 a 15 cm), que oferece pouco peso à estrutura. Para tanto

plantas empregadas devem ser resistentes aos fatores como seca, geada e ventos fortes. A água é armazenada no substrato, e a drenagem, ou camada de retenção, mantém o suporte hídrico necessário das plantas; porém, pode ser adotado um sistema de irrigação, visando assegurar a sobrevivência da vegetação durante períodos prolongados de estiagem. Quando se utiliza a vegetação adequada, a necessidade de um sistema de irrigação diminui, a não ser em climas extremos. Nos intensivos, a profundidade do solo é mais significativa (15 cm a 90 cm), possibilitando a utilização de plantas de maior porte variando de arbustos e até mesmo árvores e normalmente necessitam de um sistema de irrigação.

Tan e Sia (2009) consideram a seleção de plantas adequadas como fator mais crítico para o bom desempenho de telhados verdes em longo prazo. Devido a profundidade dos substratos e a capacidade limitada dos sistemas de telhado verde de reter a umidade, deve ser avaliada o desempenho das plantas em períodos de escassez hídrica.

As espécies indicadas para telhados verdes extensivos devem ser plantas extremamente resistentes e formarem raízes relativamente superficiais com grande capacidade de armazenar água e suportar com sucesso variações de temperatura extremas (MACIVOR; LUNDHOLM, 2011).

De acordo com Silva et al. (2014), estudos de seleção de espécies vegetais possibilitam que as plantas empregadas nesta tecnologia obtenham bom desempenho em condições adversas, evidenciam também a importância da utilização de espécies nativas para que o telhado verde possa estar mais adaptado a região e contribuir na preservação do ecossistema local.

Estudos em telhados verdes extensivos identificaram espécies de plantas que resistiram bem em clima tropical, como *Portulaca grandiflora*, *Tradescantia pallida*, *Asparagus densiflorus* e *Senico confusos*, estando estas adequadas para tal finalidade (LAAR, 2001). Carneiro et al. (2005) utilizaram grama esmeralda (*Zoyzia japonica*) em telhados verdes extensivos e observaram que a cobertura verde proporcionou um maior conforto térmico à estrutura.

Os telhados extensivos, por utilizar uma menor profundidade de substrato, constituem-se telhado mais leve, comportando cobertura vegetal de pequeno porte e resistentes ao clima da região que está inserido, sendo geralmente indicado o uso de plantas do gênero *Sedum* e de gramíneas (SILVA et al., 2014). Beatrice e Vecchia (2011), avaliando o potencial de *Arachis repens*, *Paspalum notatum*,



*Ophiopogon japonicus* como cobertura leve de telhados verdes observaram que todas as espécies apresentaram resultados satisfatórios, com destaque para *Ophiopogon japonicus*, seguida de *Paspalum notatum*.

No Brasil, devido as diferentes condições climáticas, escolha das espécies vegetais para telhados verdes apresenta um limite para sua implantação, devido à necessidade de adequar ou levar em consideração a fisiologia de planta devido às condições estressantes que estas serão submetidas no telhado, seja por seca, frio ou calor excessivo (Tan; Sia, 2009), evidenciando assim a importância da seleção conforme a finalidade de uso e local, pois condiciona o clima.

Considerando as condições de estresse que as plantas podem ser submetidas nestes sistemas, especialmente em telhados extensivos, onde requisitos de manutenção como poda, adubação e irrigação, assim como profundidade de plantio, são mínimos, as gramas nativas se encontram bem mais adaptadas às condições climáticas brasileiras, em especial as do gênero *Paspalum*, por sua elevada rusticidade.

## **2.4 Técnicas de fenotipagem de plantas**

A interação do genótipo com o ambiente expressa o fenótipo de um indivíduo. Envolve características como, por exemplo, velocidade de crescimento de uma planta, a intensidade de cores de suas folhas, e são avaliadas por meio de técnicas de fenotipagem tradicionais até as mais avançadas (MORAIS; CHIES; CAVALCANTI, 2017).

As técnicas tradicionais de fenotipagem são importantes para o melhoramento de planta e geralmente avaliam características facilmente mensuráveis como, por exemplo, medidas relacionadas ao peso e ao tamanho de partes das plantas (frutos, flores, folhas, raízes e caule). Podem ser realizadas, sem a exigência de algum protocolo ou preparação prévia de amostras, sendo por isso mais utilizada em experimentos de campo (SOUSA et al., 2015).

Contudo a pesquisa agropecuária tem investido em métodos mais avançados de fenotipagem, com o objetivo de discriminar características mais complexas, como características físicas e bioquímicas da planta (MORAIS; CHIES; CAVALCANTI, 2017; SOUSA et al., 2015). As técnicas de fenotipagem vêm sendo cada vez mais relacionada a análises ópticas não destrutivas, especialmente baseadas em análises

imagens. A fenotipagem de plantas baseada em imagem vem provando o seu valor na ciência básica, e no melhoramento de plantas, como também na agricultura de precisão, fornecendo informações quantitativas na descrição das interações planta-ambiente (WALTER et al., 2015).

As técnicas modernas de fenotipagem podem ser realizadas tanto em condições controladas quanto no campo (SOUSA et al., 2015). As limitações da fenotipagem de campo restringem a capacidade das pesquisas em avaliar a genética de características quantitativas, especialmente, quando se trata daquelas relacionadas à tolerância aos estresses. Existe, portanto, a necessidade da realização de pesquisas de campo, pois os resultados de ambientes controlados não refletem a verdadeira situação que a planta enfrentará no campo (FRITSCHÉ NETO; BORÉM, 2015).

Em campo a análise de espectroscopia de reflectância do infravermelho é uma das metodologias utilizadas em dosséis de plantas (WHITE et al., 2012). A espectroscopia em campo estuda a relação entre a radiação eletromagnética através da medição das propriedades de reflectância da vegetação, solos, água, entre outros corpos, sob a luz natural (FRITSCHÉ NETO; BORÉM, 2015). A espectroscopia permite a geração de imagens na região da radiação visível (400-700 nm), do infravermelho próximo (800-2500 nm) e do infravermelho longo (8-15  $\mu$ m) (BERGER et al., 2010; MATSUDA et al., 2012; WALTER et al., 2015). A fenotipagem por imagem vem sendo utilizada para auxiliar pesquisas de caracterização e seleção de plantas para milho (Tardieu; Tuberosa, 2010); *Arabidopsis* (Matsuda et al., 2012); Alface (Clemente, 2019).

Fritsche Neto e Borém (2015) norteiam que para a utilização dessas técnicas além de saber quais dados devem ser coletados, os mecanismos de aquisição ainda continua a ser um desafio para os pesquisadores, pois a eficiência e acurácia da coleta de dados a campo dependem do mecanismo para mover os sensores ao longo área. Para tanto é sugerida a utilização de plataformas de fenotipagem, podendo ser aéreas ou com base no solo que podem ser adquiridas comercialmente ou através de instituições públicas e privadas.

Alguns pesquisadores, buscando equilibrar custos tem se dedicado à construção de plataformas terrestres "*phenomobiles*". Andrade – Sanchez et al., (2014) construiu uma plataforma de fenotipagem utilizando um sensor de espectrometria do infravermelho próximo acoplado a um trator para medir a altura do

dossel, reflectância e temperatura para cultura de algodão. A Embrapa Arroz e Feijão juntamente com a Embrapa Instrumentação desenvolveu uma plataforma de fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica em casa de vegetação, em Santo Antônio de Goiás/GO (GUIMARÃES et al., 2010).

Sousa (2014b) aborda que para uso dessas técnicas são utilizados sensores que operam em distintas regiões do espectro eletromagnético, principalmente nas plataformas, são eles: sensores digitais que operam para captura de imagens RGB (Red, Green, Blue); sensores que atuam no espectro visível operando na captura de imagens de pigmentos; sensores que atuam no espectro do infravermelho próximo operando na captura de imagens relacionadas aos índices de água; sensores que atuam no espectro do infravermelho longo que operam na captura de imagens térmicas; e sensores para a captura de fluorescência, utilizando principalmente imagens de fluorescência da clorofila.

O processamento de imagens e imagens com fontes de luz do espectro visível ao infravermelho próximo fornecem conjuntos de dados de imagens de fenótipos de plantas por métodos não destrutivos. Essas abordagens aceleram a precisão e a velocidade de obtenção de dados do fenótipo em tempo real, de alto rendimento e de alta dimensão para modelagem e previsão do crescimento da planta e desenvolvimento estrutural (TARDIEU; TUBEROSA, 2010; GOLZARIAN et al., 2011 ). Nesta faixa espectral, operam as câmeras multi e hiperespectrais. A utilização dessa tecnologia se baseia no princípio de que todas as moléculas de pigmentos que absorvem radiação na faixa visível do espectro são passíveis de ter os seus teores estimados por métodos não destrutivos (MATSUDA et al., 2012).

Neste contexto estão os índices de vegetação, que possibilitam relação de seus valores com os pigmentos. Esses índices constituem operações algébricas envolvendo faixas de reflectância específicas, permitindo determinar características como a cobertura vegetal e a sua densidade (CRUZ et al., 2011; SOUSA et al., 2015). Através dos espectros refletidos é possível observar informações sobre a arquitetura da planta e se a planta está sadia, podendo ser utilizada também para avaliar características de crescimento (RAHAMAN et al., 2015).

Rosendo e Rosa (2009) explicam que para minimizar a variabilidade causada pelos fatores externos, a reflectância espectral da cobertura vegetal tem sido transformada e combinada a vários índices de vegetação, onde os mais utilizados

trabalham com valores de reflectância referentes às regiões do vermelho e do infravermelho próximo.

Os índices podem indicar parâmetros de crescimento, vigor e ainda identificar parâmetros biofísicos como índice de área foliar, biomassa, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade (PONZONI, 2001). De acordo com Marcussi et al. (2010), entre os índices o mais utilizado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI). Ele é expresso pela seguinte equação,  $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ , no qual NIR (infravermelho próximo) e R (vermelho) correspondem a valores de refletância do espectro eletromagnético. O valor do NDVI pode variar de -1 a +1 (ROUSE et al., 1973). Quanto maior essa relação, maior a concentração de clorofila, podendo ser utilizada em pequena ou em grande escala experimental (SOUSA, 2014a). A Figura 1 ilustra como interpretar esse índice.

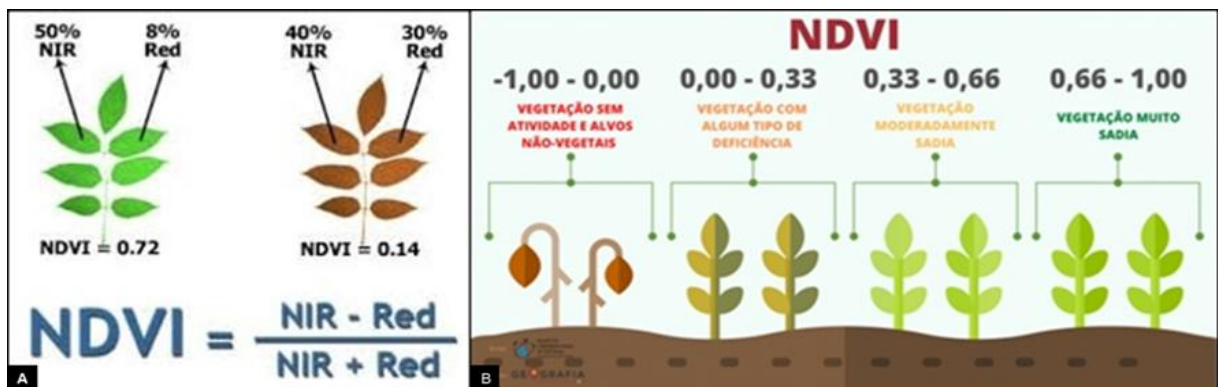


Figura 1. (A) Exemplo do cálculo NDVI e as folhas sadia à esquerda e a seca a direita (SATO, 2020); (B) Valores de NDVI consagrados na bibliografia para vegetação (EOS, 2019).

Outro índice muito utilizado é o índice de vegetação ajustado ao solo (*Soil-Adjusted Vegetation Index* – SAVI) expresso pela seguinte equação  $SAVI = (1+L) \cdot (NIR - R) / (NIR + R + L)$ , onde L é o fator de correção, neste caso quando vegetação avaliada apresentar baixa densidade, é sugerido utilizar o fator  $L = 1.0$ , para vegetação intermediária  $L = 0,5$ , para altas densidades  $L = 0,25$  (HUETE, 1988).

A utilização dessas técnicas reporta a interação da vegetação com a radiação eletromagnética, estando relacionado ao comportamento das plantas nos diferentes comprimentos de ondas. Três processos descrevem essa interação: reflexão, transmissão e a absorção, ou seja, estas são as frações espectrais da radiação incidente que serão refletidas, transmitidas ou absorvidas, e dependerão das

características físico-químicas do objeto, que neste contexto é a vegetação (POZONI et al., 2012).

Na região do visível (0,4-0,72 $\mu$ m) os pigmentos predominantes absorvem radiação na região do azul (próximo a 0,445 $\mu$ m) apenas a clorofila absorve na região do vermelho (0,645 $\mu$ m). Na região do verde (0,540 $\mu$ m) a maioria das plantas são moderadamente transparentes. Na região do infravermelho próximo (0,72 $\mu$ m–1,1 $\mu$ m) ocorre pequena absorção da radiação e expressivo espalhamento interno da radiação na folha. Em imagens multiespectrais a vegetação na região do visível apresentará valores de reflectância baixo devido os pigmentos absorverem a radiação eletromagnética incidente para a realização da fotossíntese. Já para região do infravermelho próximo esses valores são elevados devido o espalhamento interno sofrido pela radiação (PONZONI et al., 2012).

Essas condições de reflectância são alteradas quando a planta é submetida a situações de estresse (LIPPERT et al., 2015). Valores reduzidos de NDVI podem ser resultantes de uma menor concentração de clorofila, redução de atividade fotossintética e desarranjo nas estruturas internas da folha. As mudanças espectrais podem estar relacionadas à redução da área foliar total exposta ao sensor, perda de folhas, mudança na orientação das folhas e suspensão do crescimento da planta (ALMEIDA, 2008).

Como outras formas de aplicações de NDVI também são possíveis: estimar a biomassa, identificar pragas, doenças, fungos ou manchas que estejam sem respostas espectrais no campo analisado, analisar a dinâmica da vegetação ao longo de suas fases de desenvolvimento e crescimento (EOS, 2019).

NDVI e SAVI baseando-se no comportamento espectral da vegetação, podem também relacionar seus valores com características como altura e área de cobertura (SOUZA et al., 2017; GAMEIRO et al., 2016). Crusiol et al. (2012) observaram que na cultura soja, no período vegetativo, em condições irrigadas as plantas apresentam valores de NDVI superiores àquelas submetidas ao estresse hídrico, sendo indicador de estresse hídrico.

Outra ferramenta, utilizada nestas técnicas modernas, principalmente para avaliação de estresse hídrico, são as câmeras termográficas. A geração de imagens térmicas na região infravermelho do espectro eletromagnético, geralmente atuam nas faixas de comprimento de onda de 3 a 5  $\mu$ m ou 7 a 13  $\mu$ m. Contudo quando se trata de avaliação vegetal, têm-se se utilizado câmeras térmicas que operam na

faixa 8-14  $\mu\text{m}$ , onde a imagem representa a radiação térmica emitida pelo objeto em estudo expressa em temperatura (SOUSA et al., 2015). Essa ferramenta configura-se como uma alternativa viável para a medição de temperatura de copa das plantas (JIMENEZ-BELLO et al., 2011).

Outro aparelho que também pode ser utilizado na fenotipagem de plantas é o termômetro de infravermelho, este também mede a temperatura de um objeto através da captação de radiação térmica que este emite apresentando o mesmo princípio das câmeras termográficas, A característica mais avaliada com este aparelho em plantas também vem sendo a tolerância ao estresse hídrico (FRITSCH NETO; BORÉM, 2015; SOUSA et al., 2015). Conforme Pereira et al. (2015), trabalhando com cana de açúcar observou que a temperatura foliar medida em campo a partir de sensores termais pode ser utilizada para indicar ocorrência de déficit hídrico.

Outras técnicas com seus respectivos equipamentos e suas faixas de atuação espectrais, como também as características que podem ser avaliadas, foram descritas por Sousa et al. (2015), conforme Tabela 3.

Tabela 3. Tipos de imagens mais comuns aplicadas à fenotipagem de plantas, equipamentos utilizados e características avaliadas

<b>Tipo de Imagem</b>	<b>Equipamento Utilizado</b>	<b>Característica Fenotípica obtida</b>
1. Imagem digital	Câmera digital/padrão de cores RGB	Altura da planta; número de folhas; ângulo de inserção das folhas; área foliar individual e total, taxa de crescimento (área, massa ou altura); acúmulo de biomassa.
2. Imagem de fluorescência da clorofila	Fluorômetro (720-740 nm)	Aparato de captura e utilização da luz; destino da luz absorvida (fotoquímica fluorescência e geração de calor).
3. Imagem na região visível e infravermelho próximo	Câmera multi ou hiperespectral (400-1100 nm)	Clorofila a; clorofila b, carotenoides; antocianinas; proporção entre os pigmentos; índices derivados (NDVI, PRI, SIPI, etc...).
4. Imagem térmica	Câmera termográfica (8-14 $\mu\text{m}$ )	Temperatura da folha ou da copa e parâmetros derivados (CTD e CWSI); estado hídrico da planta; grau de estresse hídrico; condutância estomática, abertura estomática, taxa de transpiração.
5. Imagens na região do infravermelho	Câmera multi ou hiperespectral (0,7-100 $\mu\text{m}$ )	Água; açúcares solúveis e poliméricos; compostos orgânicos nitrogenados; proteínas e aminoácidos, biomassa, lipídeos, vitaminas, nutrientes minerais.

Fonte: Sousa et al., 2015

A temperatura do dossel de plantas, utilizando a faixa do infravermelho termal, pode ser considerada um método eficiente para o monitoramento rápido e não destrutivo da resposta da planta ao estresse hídrico, se tornando uma técnica importante na seleção de plantas tolerantes a seca (GOMIDE, 2011). Uma elevada temperatura foliar, em plantas sob déficit hídrico ou estressadas, remete ao aumento da resistência difusiva, sendo controlado principalmente pela redução da condutância estomática em consequência de uma menor disponibilidade de água no solo (MANSUR; BARBOSA, 2000).

Segundo Tanner (1960), citado por Pires et al. (2015), em se tratando de temperatura foliar, as considerações em relação ao balanço de energia demonstram que, se a transpiração diminui e o balanço de radiação e a estrutura do vento se mantêm, o decréscimo da troca de calor latente elevará a temperatura foliar. Diante do exposto é possível considerar a temperatura foliar ou da copa como indicador de estresse hídrico (GONZALEZ-DUGO et al., 2014; TAGHVAEIAN et al., 2012). A fenotipagem através deste método pode auxiliar na caracterização de plantas para o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes à deficiência hídrica (MORAIS; CHIES; CAVALCANTI, 2017).

A utilização das técnicas modernas de fenotipagem confere um caráter multidisciplinar ao melhoramento de plantas. Para Brito e Moura (2019), é importante o desenvolvimento de uma abordagem multidisciplinar vinculada aos programas de melhoramento genético de plantas, pois permite acelerar a obtenção de plantas mais resilientes.

Diante disto as técnicas de fenotipagem somam recursos para seleção de gramas do gênero *Paspalum*, de forma não destrutiva com maior praticidade e rapidez na obtenção dos resultados, possibilitando a identificação de acessos passíveis de integrar programas de melhoramento.

Souza et al. (2016) consideram o estresse hídrico uma característica de elevado grau de relevância na seleção de gramas para uso em telhados verdes, considerando que para ambas aplicações de uso as plantas estarão submetidas a condição de déficit hídrico.

Os genótipos de gramas diferem entre si quanto a exigências hídricas mínimas para sobrevivência e para manutenção de um nível mínimo de qualidade funcional (KANAPECKAS et al., 2008). Existem várias interações entre gramados e

o meio em que está inserido sendo submetidos a estresse, bióticos e abióticos que estão inteiramente relacionados com os fatores fisiológicos (GOLOMBEK, 2006).

Ainda é reduzida a utilização da fenotipagem na seleção de espécies de plantas para gramados bem como plantas ornamentais. Portanto utilizar a fenotipagem de nova geração ainda é um desafio para os pesquisadores. Desta forma, são necessárias novas técnicas de fenotipagem de plantas que tragam avanços em escala, precisão, reprodutibilidade e exploração de novas características, principalmente em condições de campo (CLEMENTE, 2019).

### 3 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. S. Respostas espectrais da soja sob diferentes condições hídricas e de preparo do solo. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em sensoriamento remoto) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

AMORIM, M. C. C. T. **Teoria e método para estudo das ilhas de calor em cidades tropicais de pequeno e médio porte**. 2017. 178f. (Tese de Livre docência) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP. 2017.

ANDRADE-SANCHEZ, P. et al. Development and evaluation of a field-based high-throughput phenotyping platform. *Functional Plant Biology*, v41,n.1,p.68-79, 2014.  
ARIGONI, P. Balanço do projeto Grama Legal. In: Backes, C.; Godoy, L. J. G.; MATEUS, C. M. D.; SANTOS, A. J. M.; VILLAS-BOAS, R. L.; OLIVEIRA, M. R. (eds.) **Tópicos Atuais em Gramados III**, FEPAF; UNESP/FCA, Botucatu, pp.80-90. 2012.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL GRAMA LEGAL. Paisagismo com gramados. 2020. Disponível em: <https://gramalegal.com/consumidor-gramados-paisagismo>. Acesso em: 07 abr. 2020.

BASTOS, S. M. S. L., et al. Qualidade ornamental de gramas *Axonopus* e *Paspalum* spp. In: **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DA REDE DE RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS DO NORDESTE, 2., 2015, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2015.

BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. Caracterização de germoplasma do gênero *Paspalum* na região central do Estado de São Paulo, Brasil. Características vegetativas. 1 REUNIÃO SABANAS 23 a 26 novembro de 1992. Brasília, Brasil. RED INTERNACIONAL DE EVALUACION DE PASTOS TROPICALES - RIEPT. Documento de trabajo, n. 114:97-106. 1992.

BATISTA, L. A. R. Recursos genéticos para produção de forragem: Espécies nativas do gênero *Paspalum*. In: **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMANA DO ESTUDANTE, 18., 2007, São Carlos, SP. Palestras... São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007., 2007.



BATISTA, L. A. R.; GODOY, R.; PEREIRA, J. M. C. Potencial forrageiro de acessos de germoplasma de gênero *Paspalum*. Ensaio 1993/94. In: **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. Anais... Brasília: SBZ, 1995. p. 62-64., 1995.

BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. Caracterização preliminar e seleção de germoplasma do gênero *Paspalum* para produção de forragem. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 23-32, 2000.

BEATRICE, C. C.; VECCHIA, F. Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 5-24, 2011.

BERGER, B.; PARENT, B.; TESTER, M. High-throughput shoot imaging to study drought responses. **Journal of experimental botany**, v. 61, n. 13, p. 3519-3528, 2010.

BRITO, G. G.; MOURA, D. S. Fenotipagem fisiológica no melhoramento de forrageiras. **Embrapa Algodão-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019.

CARNEIRO, T. A.; GUISELINI, C.; PANDORFI, H.; LOPES NETO, J. P.; LOGES, V.; DE SOUZA, R. F. Condicionamento térmico primário de instalações rurais por meio de diferentes tipos de cobertura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**. 2015.

CASTRO A. C. R. et al. Characterization of *Paspalum* accessions as ornamental lawn. **Acta Horticulturae 1087**: 255-259, 2015a.

CASTRO, A. C. R. et al. Evaluation of native Brazilian *Paspalum* germplasm as lawn for landscaping purpose. **Acta Horticulturae 1104**: 505-509, 2015b.

CHASE, A. The north American species of *Paspalum*. **Systematic plant studies**, 1929.

CLEMENTE, A. A. et al. Fenotipagem por imagem em genótipos de alface crespa roxa com diversidade genética para níveis de carotenoides. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Goiânia, Monte Carmelo, 2019.

CRUSIOL, L. G. T. et al. **Comportamento espectral de diferentes genótipos de soja (GM para tolerância a seca e convencionais), em condição irrigada e sob estresse hídrico**. 2012. VI Congresso Brasileiro de Soja, Cuiabá, 2012.

CRUZ M. A. S.; SOUZA, A. M. B.; JESUS J. S. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos Índices de Vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na bacia do rio Japarutuba - Mirim em Sergipe. In: Simp. Bras. Sens. Remoto,15. (SBSR). 2011, Curitiba. Anais...São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1357-1364. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00056-0 (Internet), 978-85-17-00057-7 (DVD).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Pecuária Sudeste inicia trabalho com gramados. 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18132592/embrapa-pecuaria-sudeste-inicia-trabalho-com-gramados>. Acesso em: 21 nov. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Governança e suporte à gestão do Arranjo Cobersolo para o fortalecimento do tema coberturas permanentes do solo**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-projetos/-/projeto/213407/governanca-e-suporte-a-gestao-do-arranjo-cobersolo-para-o-fortalecimento-do-tema-coberturas-permanentes-do-solo>. Acesso em: 21 nov. 2019.

EOS – EARTH OBSERVING SYSTEM. NDVI FAQ: All you need to know about NDVI. 2019. Disponível em: <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>. Acesso em: 15 mai. 2020.

FERRAZ, I. L. **O Desempenho Térmico De Um Sistema De Cobertura Verde Em Comparação Ao Sistema Tradicional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

FLORA DO BRASIL. *Paspalum* in **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB13432>. Acesso em: 16 mar. 2019.

FORMOLO, A. K. et al. Caracterização de genótipos de *Paspalum* spp. para uso como planta ornamental na Zona da Mata de Pernambuco. **Resumo. JEPEX**, 2019.

FRITSCHÉ NETO, R.; BORÉM, A. Fenômica: como a fenotipagem de próxima geração está revolucionando o melhoramento de plantas. [S.l: s.n.], 2015.

GALVÃO, M. L. **Eficiência da gramínea *Paspalum notatum* Flüge (Poaceae) para proteção e conservação de taludes em aterros sanitários industrial**. 2016. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Mato Grosso.

GAMEIRO, S. et al. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. 2016.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M. Nutrição, Adubação e Calagem para produção de gramas. 1 Ed. FEPAF, 2012. 146p.

GOLOMBEK, C. H. Estresse em gramados e fatores fisiológicos correlatos. **SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS**, v. 3, 2006.

GOLZARIAN, M. R.; FRICK, R. A. Classification of images of wheat, ryegrass and brome grass species at early growth stages using principal component analysis. **Plant Methods**, v. 7, n. 1, p. 28, 2011.

GOMIDE, R. Uso da termometria a infravermelho na fenotipagem para tolerância à seca de cereais e legumes. In *Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: SIMPÓSIO SOBRE TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA EM PLANTAS: ADAPTANDO AS CULTURAS AO CLIMA DO FUTURO, 2010, Goiânia. Trabalhos apresentados... Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2011. p. 35-50.

GONZALEZ-DUGO, V.; ZARCO-TEJADA, P. J.; FERERES, E. Applicability and limitations of using the crop water stress index as an indicator of water deficits in citrus orchards. *Agricultural and Forest Meteorology*, 198–199 (2014) 94–104.

GUIMARÃES, C. M. et al. Plataforma de fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica. In: **Embrapa Arroz e Feijão-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO SOBRE INOVAÇÃO E CRIATIVIDADE CIENTÍFICA NA EMBRAPA, 2., 2010, Brasília, DF. Poster. Brasília, DF: Embrapa, 2010.

HUETE A. R. A. Soil adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing Environ.* 1988.

IBGE, 2010: Censo. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9662-censo-demografico-2010.html?t=destaques>. Acesso em: 24 nov. 2019.

IGRA INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. Green Roof Types. Disponível em: [http://www.igra-world.com/types\\_of\\_green\\_roofs/index.php](http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php). Acesso em: 14 jan. 2018.

JIMÉNEZ-BELLO, M. A. et al. Development and validation of an automatic thermal imaging process for assessing plant water status. **Agricultural Water Management**, v. 98, n. 10, p. 1497-1504, 2011.

JOHNSTON, J.; NEWTON, J. Building Green: a guide to using plants on roofs, walls and pavements. London: Greater London Authority, 2004.

KANAPECKAS, J.; LEMEZIENÉ, N.; STUKONIS, V.; TARAKANOVAS, P. Drought tolerance of Turfgrass genetic resources. **Biologija**, v.54, n.2, p.121-124, 2008. Doi: 10.2478/v10054-008-0025-5.

KLUKAS, C; CHEN, D; PAPE, J.M. Integrated analysis platform: an open-source information system for high-throughput plant phenotyping. **Plant physiology**, v. 165, n. 2, p. 506-518, 2014.

LAAR, M. et al. Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos extensivos em cidades de clima tropical. In. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO-ENCAC, 6. **Anais...**São Pedro, São Paulo, 2001.

LIMA MEIRELLES, P. R. et al. Germoplasma do gênero *Paspalum* com potencial para produção de forragem. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, 2013.

- LIPPERT, D. B. et al. Comportamento espectral de folhas de *Eucalyptus globulus* (Labill.) atacadas por *Mycosphaerella* spp. nas regiões do visível e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 211-219, 2015.
- LUNDHOLM, J; TRAN, S; GEBERT, L. Plant functional traits predict green roof ecosystem services. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 4, p. 2366-2374, 2015.
- MACIVOR, J. S.; LUNDHOLM, J. Performance evaluation of native plants suited to extensive green roof conditions in a maritime climate. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 3, p. 407-417, 2011.
- MACIEL, J. R; OLIVEIRA, R. C; ALVES, M. *Paspalum* L.(Poaceae: Panicoideae: Paniceae) in Pernambuco state, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1145-1161, 2009.
- MACIEL, C.D.G.; HAMA, J.T.; SOUZA, J.I. Desenvolvimento inicial de gramado semeado com *Paspalum notatum* Flüggé. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.40, n.4, p.547-549, 2010.
- MANSUR, R. J. C. N. & BARBOSA, D. C. A. 2000. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **Phyton** 68: 97-106.
- MARCUSSI, A. B. et al. Utilização de índices de vegetação para os sistemas de informação geográfica-USE OF INDEX VEGETATION FOR THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM. **Caminhos de geografia**, v. 11, n. 35, 2010.
- MATSUDA, O. et al. Hyperspectral imaging techniques for rapid identification of *Arabidopsis* mutants with altered leaf pigment status. **Plant and Cell Physiology**, v. 53, n. 6, p. 1154-1170, 2012.
- MENDES, T. G. L. et al. Abordagem científica sobre ilhas de calor em Recife-PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 1, p. 001-013, 2019
- MINKE, G. Techos Verdes: Planificación, ejecución, consejos prácticos. Montevideo: Fin de Siglo, 2004.
- MORAIS, C. S. et al. Desempenho térmico de coberturas vegetais em edificações na cidade de São Carlos-SP. 2004.
- MORAIS, L.; CHIES, V.; CAVALCANTI, L. Novas rotas para o melhoramento de plantas. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355291/1529359/Novas+rotas+para+o+melhor+amento/9771ee8e-484a-4f15-bd67-e86999e55871> Acesso em 28 nov. 2019.
- OLIVEIRA, C. M. M. et al. Análise de estabilidade de um talude de corte submetido a técnicas de bioengenharia. In: **Embrapa Solos-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 16., 2012, Recife. Anais... Recife: Associação

Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Universidade Federal de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Universidade Católica de Pernambuco, 2012.

OLIVEIRA, N. B. et al. AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE TRÊS GRAMADOS ORNAMENTAIS EM ILHA SOLTEIRA-SP: UM ESTUDO DE CASO. **Revista LABVERDE**, v. 9, n. 1, p. 96-119, 2018.

PEREIRA, R. M. **Índice de área foliar e estresse hídrico da cana-de-açúcar em função de variáveis climáticas e dados orbitais**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. 94p.

PEREIRA, P. G. G. et al. Análise financeira e ambiental para a instalação de telhado verde no ambiente construído a partir do Projeto Casa Pet. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 3, n. 4, 2015.

PIRES, Wilis Neiva et al. Temperatura foliar e do dossel como indicador de déficit hídrico em plantas da Caatinga: resultados iniciais. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. Experiências e oportunidades para o desenvolvimento. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y.; KUPLICH, T. Sensoriamento remoto da vegetação. 2 ed. atualizada e ampliada. *São Paulo*: Oficina de Textos, 2012.

RAHAMAN, Md et al. Advanced phenotyping and phenotype data analysis for the study of plant growth and development. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 619, 2015.

RECIFE (PE). Lei nº18112/2015. Dispõe sobre a melhoria da qualidade ambiental das edificações por meio da obrigatoriedade de instalação do "telhado verde", e construção de reservatórios de acúmulo ou de retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. Recife, PE. Legislação Municipal, 2015. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=280138>. Acesso em :25 mai.2020.

RIOS, M. Telhado Verde: Uma Estratégia Para as Cidades Sustentáveis. II Encontro Nacional dos GTMA's, Fortaleza/CE, 2016.

ROSENDO, J. S.; ROSA, R. A utilização de índices de vegetação em uma tentativa de mapear o uso da terra e a cobertura vegetal. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 6141-6148, 2009.

ROUSE J. W.; HAAS, H. R.; SCHELL, J. A.; DEERING D. W. Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite – 1 Symposium, 3, 1973. Proc... Washington, v. 1, Sec. A, p. 309-317.1973

RUA, G. H. et al. Análise filogenética do gênero *Paspalum* (Poaceae) com base no cpDNA e na morfologia. **Sistemática e Evolução das Plantas**, v. 288, n. 3-4, p. 227-243, 2010.

SADDI, K. G.; MOURA, R. O. **Coberturas verdes**: análise do impacto de sua implantação sobre a redução do escoamento superficial. 2010. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

SANTOS, A.C. et al. Seleção de genótipos de *Paspalum* spp. Para uso em paredes verdes na zona da mata de Pernambuco **Resumo. JEPEX**, 2019

SATO, M. Imagens de satélite com ajuda do NDVI. 2020. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/imagens-de-satelite-ndvi/>. Acesso em: 30 ago. 2020.

SAVI, A. C. **Telhados verdes: uma análise da influência das espécies vegetais no seu desempenho na cidade de Curitiba**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2015.

SCHERER, M. J; ALVES, T. S.; REDIN, J. Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 7, n. 1, p. 84-101, 2018.

SILVA, S. A. C. G. **Caracterização de *Axonopus parodii* e *Paspalum* spp. para gramados**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

SILVA, S. A. C. G. et al. Characterization and selection of Brazilian native grasses for use as turfgrass. **Acta horticultrae**, 2018.

SILVA, S. A. C. G. et al. Sanitary quality of seed of *Paspalum* species. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 3, p. 328-332, 2020a.

SILVA, S. A. C. G. et al. Selection of Brazilian native turfgrass accessions for establishment by sprigs. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 3, p. 458-467, 2020b.

SILVA, S. A. C. G. et al. Development of *Paspalum* accession plugs for turfgrass establishment. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 3, p. 356-366, 2020c.

SILVA, I. A. et al. Tecnologia “telhado vivo”: estudo e potencial de integração de plantas nativas na cobertura e resgate da fauna. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 2, p. 62-76, 2014.

SOUSA, C A. F. Fenotipagem de plantas: uma nova abordagem para um velho problema. **Embrapa Agroenergia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2014a.

SOUSA, C. A. F. Fenotipagem de plantas: as novas técnicas que estão surgindo para atender aos desafios atuais e futuros. **Embrapa Agroenergia-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2014b.

SOUSA, C. A. F. et al. Nova abordagem para a fenotipagem de plantas: conceitos, ferramentas e perspectivas. **Rev. Bras. Geogr. Física**, v. 8, n. IV SMUD, p. 660-672, 2015.

SOUZA, F. H. D. **Os gramados e a forração vegetal permanente de superfícies de solo: exemplo de oportunidades perdidas?** Boletim. São Carlos-SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2013.

SOUZA, F. H. D. et al. Atributos desejáveis para gramados a serem cultivados sob condições brasileiras: uma proposta. **Ornamental Horticulture**. CAMPINAS. V. 22, Nº. 2, p. 154-165. 2016.

SOUZA, H. B.; BAILO, F. H. R.; NEVES, D. C. Using passive and active multispectral sensors on the correlation with the phenological indices of cotton. *Engenharia Agrícola*, v. 37, n. 4, p. 782-789, 2017.

SOUZA, F. H. D. et al. Characterization of the potential of native grasses for use as lawns. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 1, p. 109-120, 2020.

STIER, J.C.; STEINKE, K.; ERVIN, E.H.; HIGGINSON, F.R.; McMAUGH, P.E.. Turfgrass benefits and issues. In: STIER, J.C.; HORGAN, B.P.; BONOS, S.A. (eds.) **Turfgrass: Biology, use, and management**. Agronomy Monograph, 56. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 2013. p.105-145.

STIER, J. C.; HORGAN, B. P.; BONOS, S. A. **Turfgrass: Biology, use, and management**. John Wiley & Sons, 2020. 1344 p.

TAGHVAEIAN, S.; CHÁVEZ, J. L.; HANSEN, N. C. Infrared Thermometry to Estimate Crop Water Stress Index and Water Use of Irrigated Maize in Northeastern Colorado. **Remote Sens**. v. 4, n. 11, p. 3619-3637, 2012.

TAN, P. Y.; SIA, A. Understanding the performance of plants on non-irrigated green roofs in Singapore using a biomass yield approach. **Nat. Singapore**, v. 2, p. 149-153, 2009.

TARDIEU, Francois; TUBEROSA, Roberto. Dissection and modelling of abiotic stress tolerance in plants. **Current opinion in plant biology**, v. 13, n. 2, p. 206-212, 2010.

TASSI, R. et al. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 1, p. 139-154, 2014.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T. O estudo da ilha de calor em cidade de pequeno porte: algumas contribuições. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 30, n. 2, p. 186-209. mai./ago. 2018.

WALTER, A.; LIEBISCH, F.; HUND, A. Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis. **Plant methods**, v. 11, n. 1, p. 14, 2015.

WATSON, L.; DALWITZ, M.F. The grass genera of the world. Cambridge University Press, Cambridge, 1992. 1081p

WHITE, J. W. et al. Field-based phenomics for plant genetics research. **Field Crops Research**, v. 133, p. 101-112, 2012.

ZULOAGA, F.O.; MORRONE, O. Revisión de las especies de *Paspalum* para América del Sur Austral (Argentina, Bolivia, sur del Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Monographs in Systematic Botany from Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, v.102, p.1-297. 2005.



## CAPÍTULO II

---

**Este artigo será submetido para revista de Ornamental Horticulture**

## Seleção e caracterização de *Paspalum* para uso em telhados verdes

Roberta Maria Ferreira Paes<sup>1</sup>; Fabian Santana da Silva<sup>1</sup>; Simone Santos Lira Silva<sup>1</sup>; Pabrcício Marcos Oliveira Lopes<sup>1</sup>; Islan Diego Espíndula de Carvalho<sup>1</sup>; Vivian Loges<sup>1</sup>.

### Resumo

Objetivou-se neste trabalho caracterizar e selecionar gramas nativas para uso em telhados verdes. O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, de maio de 2018 a junho de 2019. Foram avaliados os acessos PNO1, PNO2, PNO3, PNO5, PNO6, PNO7, CE2, CE5, CE9 rizomatosos de crescimento prostrado e os acessos PCO1, PCO2, PCO3, PRH1, PRH2, PIO1 e PRO1 de crescimento cespitoso ereto. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. Baseados nos critérios de seleção de plantas para telhados verdes extensivos foram avaliadas as seguintes características: altura de crescimento (Alt – cm); taxa de pegamento (TAP - %) aos 30 dias após o plantio (DAP); taxa de persistência (TPER - %) aos 180 DAP; capacidade de cobertura (CC - %) e biomassa fresca e seca da parte aérea (BFPA e BSPA – g/planta), raízes e rizomas (BFR, BSR e BFRZ, BSRZ - g/ planta). A partir da caracterização de acessos de gramas nativa do gênero *Paspalum* spp. foram recomendados os acessos de crescimento prostrado PNO1, PNO5 e CE5 e o de crescimento ereto o PIO1 por terem apresentado bom estabelecimento, boa capacidade de cobertura, crescimento vertical reduzido, baixa necessidade de manutenção e boa tolerância a profundidade de 7cm. Por terem sobrevivido aos seis primeiros meses de cultivo sem aporte nutricional, demonstraram resistência e rusticidade, assim como a boa velocidade de recuperação desses acessos quando ofertado o aporte nutricional enfatiza a resiliência desse gênero.

**Palavras-chave:** Gramas nativas, resistência resiliência.

### Selection and characterization of *Paspalum* for use on green roofs

#### Abstract:

The objective of this work was to characterize and select native grasses for use on green roofs. The experiment was conducted in the experimental area of the Department of Agronomy of the Federal Rural University of Pernambuco - UFRPE, from May 2018 to June 2019. The accessions PNO1, PNO2, PNO3, PNO5, PNO6, PNO7, CE2, CE5, CE9 were evaluated rhizomatous prostrate growth and accessions PCO1, PCO2, PCO3, PRH1, PRH2, PIO1 and PRO1 of erect cespituous growth. The experimental design was in randomized blocks, in a split-time plot, with four replications. Based on the plant selection criteria for extensive green roofs, the following characteristics were evaluated: growth height (Alt - cm); setting rate

<sup>1</sup> Departamento de agronomia/ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, Brasil. \*Autor correspondente: email: robertapaes1@gmail.com

(TAP -%) at 30 days after planting (DAP); persistence rate (TPER -%) at 180 DAP; cover capacity (CC -%) and fresh and dry shoot biomass (BFPA and BSPA - g / plant), roots and rhizomes (BFR, BSR and BFRZ, BSRZ - g / plant). From the characterization of accessions of native grasses of the genus *Paspalum* spp. the prostrate growth accessions PNO1, PNO5 and CE5 and erect growth access PIO1 were recommended because they had a good establishment, good coverage capacity, reduced vertical growth, low maintenance requirement and good tolerance at 7cm depth. Because they survived the first six months of cultivation without nutritional support, they showed resistance and rusticity, as well as the good speed of recovery of these accessions when offered the nutritional support emphasizes the resilience of this genus.

**Key words:** Native grasses; resistance; resilience.

### Introdução

A utilização de gramados como cobertura do solo é uma técnica agrícola antiga e empregada em múltiplos para atender propósitos recreativos, paisagísticos, ornamentais, esportivos, ambientais e no controle de processos erosivos (SOUZA, 2013). Neste contexto está inserida sua utilização em telhados verdes, mitigando os resultados das ações antrópicas no ambiente e desempenhando funções ecológicas e estéticas.

Os telhados verdes, além de melhorar a qualidade do ar, oferecer conforto visual, térmico e acústico, auxiliam no manejo das águas pluviais e contribuem para a formação de microecossistemas no meio urbano, aumentando as áreas verdes em ambientes edificados, como também criando a possibilidade de novos espaços de uso, com função social, econômica ou alimentar (RIOS, 2016). Estudos realizados por Lima Mendes et al (2019) na cidade do Recife comprovaram que as áreas verdes, apresentam extrema importância como regulador termal de um ambiente, resfriando ou colaborando em reduzir as temperaturas locais. Desta forma a inserção de vegetação em áreas urbanas em telhados verdes constitui uma tecnologia importante, porém ainda pouco adotada, sendo reduzidas as opções de espécies de gramas utilizadas.

Em telhados verdes as plantas estão submetidas a estresses múltiplos, seja pela pequena profundidade do substrato, pela influência das condições climáticas (ventos, temperatura) ou pela baixa disponibilidade hídrica e nutricional. Diante disto, na seleção de planta para essa finalidade de uso, são considerados critérios como: baixa manutenção; adaptação a solos de baixa fertilidade e profundidade limitada; porte baixo e por isso pouco

exigente quanto a podas; tolerantes a estresses bióticos e abióticos (SOUZA et al., 2016). Em telhados verdes extensivos, que se caracterizam pela reduzida profundidade de substrato, baixa manutenção e ausência de irrigação (IGRA, 2018), esses critérios se intensificam e se relacionam cada vez mais com resiliência e resistência da planta. Para Laar et al. (2001), telhados extensivos se caracterizam pelo uso de plantas resistentes ao clima local com alta resistência às variações pluviiais, pouco exigentes em manutenção, adaptadas ao uso de camadas menos profundas de substratos, minimizando os custos com a estrutura para instalação. Desta forma estudos de seleção de espécies adequadas possibilita que a cobertura vegetal utilizada nesta tecnologia obtenha sucesso nas condições adversas do local que está inserido (SILVA et al., 2014)

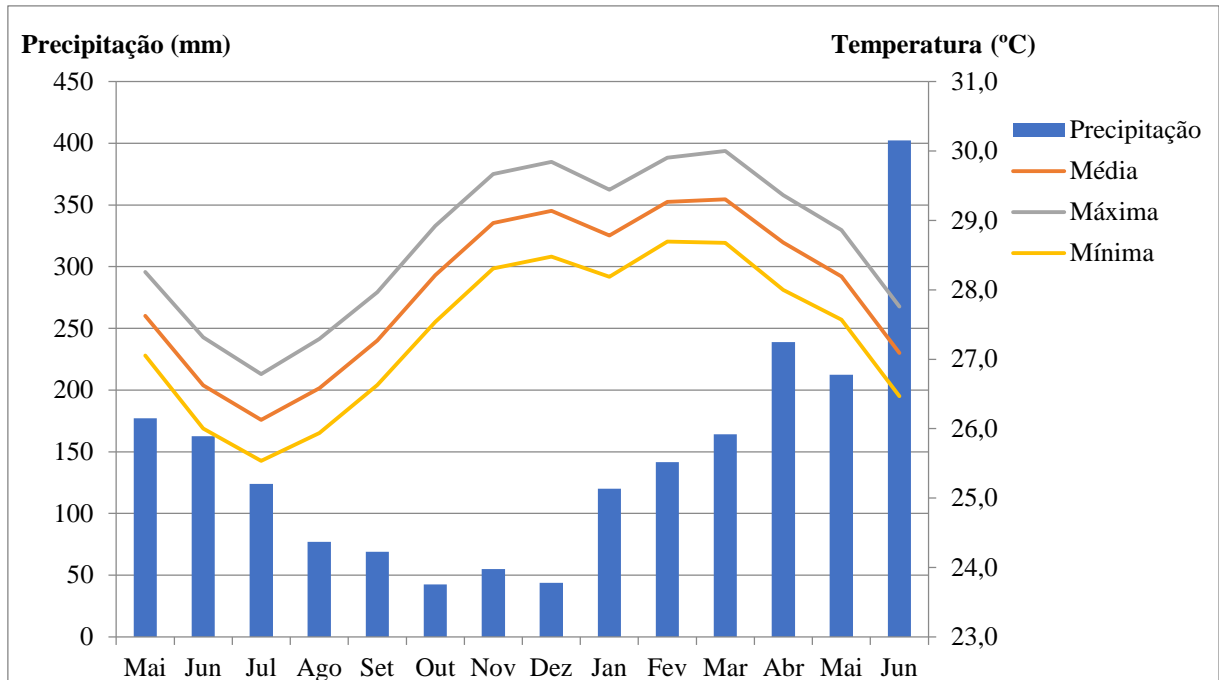
No Brasil, grande parte do mercado brasileiro é ocupada pelo cultivo de gramas exóticas, principalmente a grama esmeralda (*Zoysia japonica*) que demanda manejo intensivo e produção especializada (SOUZA, 2016). Apesar da riqueza de sua flora de gramíneas, no Brasil prevalece a escassez de cultivares de gramas nativas, apresentando grande número de espécies nativas com potencial para uso como gramados (SOUZA et al., 2020).

A espécie nativa mais cultivada é o *Paspalum notatum* Flüggé (NEWMAN et al., 2014). Essa escassez de cultivares disponíveis contribui para o extrativismo ilegal da atividade, resultando danos ao consumidor, pela baixa qualidade do produto, como também impactos negativos no ambiente, pois após a colheita ilegal estas áreas são abandonadas, sujeitas a erosão, não existindo um processo produtivo (ARIGONI, 2012). Observando este fato a Embrapa Pecuária Sudeste, em parceria com várias instituições, desde 2011, vem desenvolvendo pesquisas com os gêneros *Paspalum* e *Axonopus* (SOUZA, 2013).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo caracterizar e selecionar acessos de gramas nativas do gênero *Paspalum* para uso em telhados verdes.

### **Material e métodos**

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, localizada no município do Recife, na Zona da Mata Pernambucana, (coordenadas 8°1'5.87"S e 34°56'37.56"W) no período de maio de 2018 a junho de 2019. A precipitação está apresentada no (Gráfico 1) (DEAGRI, 2019). Os materiais genéticos utilizados neste trabalho foram fornecidos pela EMBRAPA Pecuária Sudeste (Tabela 1).



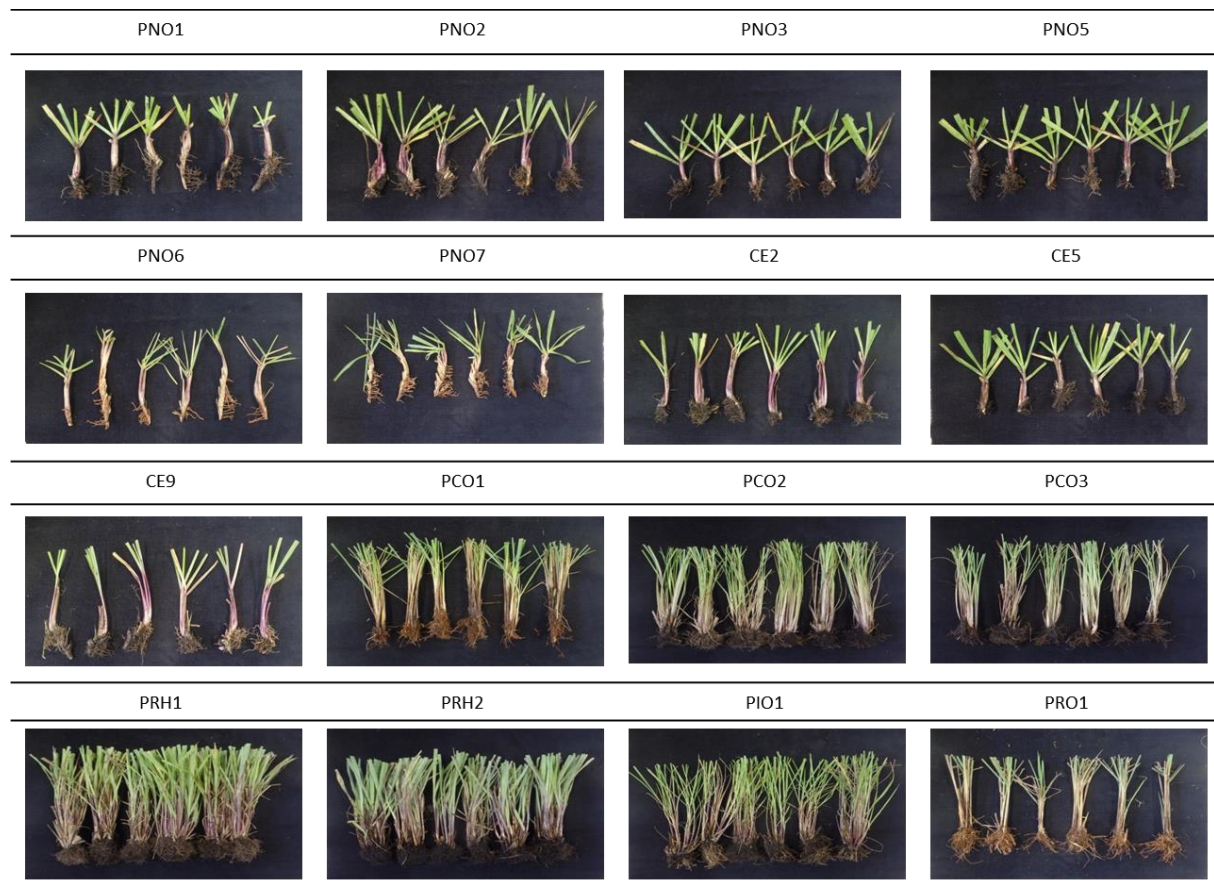
**Gráfico 1.** Distribuição pluviométrica anual de maio de 2018 a junho de 2019.

**Tabela 1.** Acessos de *Paspalum* spp. avaliados no experimento.

	Característica	Espécie	Sigla
1	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO1
2	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO2
3	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO3
4	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO5
5	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO6
6	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO7
7	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum</i> sp.	CE2
8	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum</i> sp.	CE5
9	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum</i> sp.	CE9
10	Cespitoso de crescimento ereto (Tufos)	<i>Paspalum compressifolium</i>	PCO1
11	Cespitoso de crescimento ereto (Tufos)	<i>Paspalum compressifolium</i>	PCO2
12	Cespitoso de crescimento ereto (Tufos)	<i>Paspalum compressifolium</i>	PCO3
13	Cespitoso de crescimento ereto (Tufos)	<i>Paspalum rhodopedum</i>	PRH1
14	Cespitoso de crescimento ereto (Tufos)	<i>Paspalum rhodopedum</i>	PRH2
15	Cespitoso de crescimento ereto (Tufos)	<i>Paspalum ionanthum</i>	PIO1
16	Cespitoso de crescimento ereto (Tufos)	<i>Paspalum rojasii</i>	PRO1

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições. A propagação foi realizada por mudas padronizadas quanto ao tamanho em 10 cm para os acessos rizomatoso de crescimento

prostrado (rasteiro) e 20 cm para os acessos cespitosos de crescimento ereto (tufo) (Figura 1). Seis mudas de cada acesso foram plantadas no espaçamento de 9,0 cm x 7,6 cm em bandejas de polietileno com (27 cm de largura x 38 cm de comprimento x 7 cm de profundidade). As bandejas foram preenchidas com solo de baixa fertilidade (análise do solo Tabela 2) visando avaliar a resistência e resiliência das plantas, equivalendo ao volume de 6.156 cm<sup>3</sup> e área de 1.026 cm<sup>2</sup>. As bandejas foram mantidas a céu aberto sobre uma área impermeabilizada (pavimentado de paralelepípedo). Desta forma foi simulada uma condição de cultivo de telhado verde extensivo, devido a pequena profundidade e baixa fertilidade do solo.



**Figura 1.** Mudanças de *Paspalum* spp. Recife - PE, UFRPE, 2018.

**Tabela 2.** Análise do solo utilizado no experimento

Amostra	pH (água)	Ca	Mg	Al	Na	K	P	C.O	M.O	H+Al
	1:2,5	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>	g kg <sup>-1</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
Solo	5,3	0,85	0,30	0,14	0,05	0,10	2	4,34	7,48	1,50

O experimento foi conduzido a céu aberto com lâmina de irrigação 400 ml/dia/bandeja conforme Capacidade de campo (Cc) adotou-se, como Cc, o conteúdo de água retida pelo solo após sofrer saturação e consequente ação da gravidade, até o cessamento da drenagem (SOUZA et al., 2000). Aos 156 DAP, foi iniciada irrigação com solução nutritiva adaptada de Carvalho (2019), conforme as seguintes concentrações em  $g L^{-1}$ : Nitrato de Potássio ( $KNO_3$ ) - 0,55; Fosfato Monopotássico ( $KH_2PO_4$ )–0,22; Quelatec–0,051; Ácido Bórico ( $H_3BO_3$ ) – 0,0017; Nitrato de Cálcio ( $CaNO_3$ ) – 0,89 ; Sulfato de magnésio ( $MgSO_4$ ) – 0,45; Ultraferro – 0,026) aplicou-se uma vez por semana substituindo a irrigação (400 ml/ dia/bandeja). Em relação a manutenção não foram realizadas podas, apenas limpeza de erva daninha.

Oito dias após o plantio (DAP), deu-se início as avaliações. Considerando que o experimento visa caracterizar e selecionar os acessos para uso em telhados verdes extensivos, foram adotadas as seguintes variáveis: altura de crescimento (Alt- cm), medindo-se do solo ao ápice foliar com auxílio de régua graduada em centímetros, avaliada semanalmente por um ano; taxa de pegamento (TAP - %) – porcentagem das mudas que sobreviveram avaliadas até 30 dias após o plantio (DAP); taxa de persistência TPER (%) – porcentagem de plantas que persistiram aos 180 dias após o plantio; capacidade de cobertura da grama (CC -%) – obtida via análise de imagem, capturada por uma máquina fotográfica Samsung de 14.2 megapixels, 5 x Zoom lens 27 mm *Wide Recording* 280 x 720. Os registros fotográficos foram realizados semanalmente, por um ano, sendo as análises das imagens realizadas a cada três meses para acompanhamento de seu desenvolvimento (SILVA et al ., 2018).

A análise da área de cobertura foi realizada baseada nas imagens digitais da última avaliação (12 meses), as imagens digitais foram recortadas ao tamanho da área da bandeja correspondendo a  $1.026 cm^2$ , e no software ImageJ© versão 1.49, de linguagem Java, pelo processo de binarização. Por meio dessas análises foram determinadas estimativas percentuais da área ocupada pela grama, sendo essa área representada pela cor preta na imagem (SILVEIRA et al., 2016). Na imagem binarizada foi aplicado um filtro de mediana para melhorias na qualidade da imagem e trabalhando em nível de cinza mantendo, de certa forma, o formato original das imagens e eliminando ruídos sem muita perda de nitidez (JAIN et al.,1995).

Aos 365 DAP foi avaliado 1/3 do material vegetal para a obtenção de biomassa fresca e seca das folhas (BFF e BSF – g/planta); e biomassa fresca e seca radicular e rizomas (BFR BSR, BFRZ e BSRZ – g/planta) para biomassa seca o material vegetal foi mantido em estufa de circulação forçada, a  $65^\circ C$  até secagem completa do material.

As médias foram submetidas à análise de variância e agrupadas pelo teste Scott Knott ao nível de 1% e 5% de probabilidade, pelo programa estatístico GENES (CRUZ, 2013). Foram obtidas equações de regressões para a variável altura (ALT-cm) em relação ao tempo para cada acesso, ajustando-se ao modelo de regressão linear para o período com irrigação só com água (primeiros 6 meses) e para o período com irrigação e com solução nutritiva (últimos seis meses).

### Resultados e Discussão

Com base na análise de variância foi observado que ao longo do tempo e entre os acessos avaliados houve diferença significativa para as variáveis taxa de pagamento (TAP), persistência (TPER %) e altura (ALT - cm) evidenciando a interdependência destes fatores e o efeito do tempo no desenvolvimento destes acessos.

Para TAP o efeito dessa interação foi observado a partir dos 22 DAP para o acesso PRO1, e aos dos 30 DAP para os acessos PNO7 e PNO6 (Tabela 3). A maioria dos acessos apresentaram 100% de pagamento 30 DAP, com exceção dos acessos PNO6; PNO7 e PRO1, que apresentaram médias percentuais de 83,33%; 91,66% e 91,66%, respectivamente (Tabela 3). Esses percentuais corroboram com Silva (2015), que trabalhando com acessos de *Paspalum notatum*, observou taxas de pagamento variando de 83 a 91 %. As elevadas taxas de pagamento indicam a elevada capacidade de estabelecimento dos acessos aos 30 DAP.

**Tabela 3.** Taxa de pagamento (TAP %) dos acessos de *Paspalum* aos 30 DAP.

Acesso	TAP % 8 DAP	TAP % 15 DAP	TAP % 22 DAP	TAP % 30 DAP
PNO1	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PNO2	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PNO3	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PNO5	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PNO6	100 Aa	100 Aa	100 Aa	83,33 Bc
PNO7	100 Aa	100 Aa	100 Aa	91,66 Bb
CE2	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CE5	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CE9	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PCO1	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PCO2	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PCO3	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa



PRH1	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PRH2	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PIO1	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PRO1	100 Aa	100 Aa	96 Ba	91,66 Bb

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo.

Com relação à TPER (%) para os acessos de crescimento prostrado PNO6 e PNO7 (Tabela 4) apresentaram os menores percentuais de TPER (70,83 e 87,49%) aos 180 DAP. Vale salientar que estes acessos também apresentaram menores TAP (%) aos 30 DAP, o que pode ter influenciado na persistência das plantas nesse período de tempo. Os demais acessos de crescimento prostrado apresentaram 100% TPER aos 180 DAP, demonstrando um bom estabelecimento em campo, como também boa rusticidade, sobrevivendo por seis meses, mesmo diante das condições de cultivo adotadas (baixa profundidade, disponibilidade hídrica e nutricional).

Os acessos de crescimento ereto, PCO1 e PCO3 apresentaram 100% de TPER aos 180 DAP, não diferindo estatisticamente dos acessos PRH1 e PIO1 (95,83%). Os acessos PCO2, PRH2 e PRO1 foram agrupados com os menores percentuais de TPER de 79,16%; 87,50%; 79,16 %, respectivamente, aos 180 DAP. O PRO1 também apresentou menor taxa de pegamento aos 30 DAP, o que também pode ter influenciado a menor TPER (%).

Os acessos de crescimento ereto por apresentarem um maior porte, maior densidade de folhas podem ter sido mais sensíveis à ausência de adubação dos que os de crescimento prostrado, tendo em vista que estes além de menor porte, também apresentam os rizomas, que pode conferir melhor capacidade de regeneração. Conforme Gurgel (2003), os rizomas por serem caules subterrâneos que acumulam substâncias de reservas, suprem a necessidade nutricional para sobrevivência das plantas, logo isso pode ter influenciado, nos primeiros meses de cultivo.

Os menores percentuais de TPER podem ter sido influenciados também pela redução dos recursos nutricionais, exauridos nos primeiros meses de cultivo, pela baixa disponibilidade hídrica ofertada ou também pela pequena profundidade da bandeja (7 cm). Conforme Kanapeckas et al (2008) genótipos de gramas diferem entre si quanto a exigências hídricas mínimas para sobrevivência, logo, os acessos com maiores percentuais de persistência indicam maior tolerância a baixa disponibilidade hídrica, considerando que em telhados verdes extensivos a irrigação é ausente (IGRA 2018). Com relação a tolerância a baixa profundidade da bandeja adotada (7cm), Beatrice e Vecchia (2011), avaliando *Paspalum notatum*, juntamente com outras duas espécies observaram resultados satisfatórios, de taxa de

sobrevivência quando a profundidade do substrato foi 10 cm, logo a profundidade de 7cm pode ter influenciado os acessos com menores TPER.

Entretanto os acessos com maiores valores de persistência possivelmente foram tolerantes a profundidade adotada (7 cm). Estes resultados evidenciam a resiliência desses na capacidade de se recuperar diante das condições de estresse e se manter resistente sobrevivendo por longos períodos. Castro et al. (2015a), quando caracterizou acessos de *Paspalum* por um ano e verificou 100% de sobrevivência, demonstrando a resistência desses gramados em condições adversas de cultivo a céu aberto.

Diante dos resultados apresentados é possível inferir que maiores percentuais de pegamento e persistência indicam que estes acessos apresentaram maior resistência e resiliência às condições típicas de telhados verdes extensivos.

**Tabela 4.** Taxa de persistência (TPER %) dos acessos de *Paspalum* aos 180 DAP.

Acesso	TPER % 156 DAP	TPER % 164 DAP	TPER % 172 DAP	TPER % 180 DAP
PNO1	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PNO2	95,83 Aa	91,66Aa	100 Aa	100 Aa
PNO3	100 Aa	95,83 Aa	100 Aa	100 Aa
PNO5	95,83 Aa	87,49 Aa	100 Aa	100 Aa
PNO6	74,99 Aa	75 Aa	66,66 Bb	70,83 Bb
PNO7	95,83 Aa	100 Aa	79,16 Aa	87,49 Bb
CE2	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CE5	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
CE9	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PCO1	100 Aa	100 Aa	100 Aa	100 Aa
PCO2	100 Aa	100 Aa	54,16 Bb	79,16 Bb
PCO3	100 Aa	100 Aa	83,33 Aa	100 Aa
PRH1	100 Aa	100 Aa	91,66 Aa	95,83 Aa
PRH2	100 Aa	100 Aa	83,33 Aa	87,50 Bb
PIO1	100 Aa	100 Aa	66,66 Bb	95,83 Aa
PRO1	87,49 Aa	87,49 Aa	54,16 Bb	79,16 Bb

\*Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical constituem grupos estatisticamente homogêneo.
















































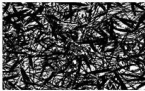
















































Com relação à capacidade de cobertura - CC% houve diferença significativa entre os acessos. Com base nas médias observadas (Figura 2), os acessos de crescimento prostrado, PNO1, PNO2, PNO5, PNO7, CE2, CE5 e CE9, não diferiram estatisticamente dos acessos de

tufo PCO1, PCO3 PIO1 PRH1 e PRH2, estes por sua vez, foram agrupados com maiores percentuais de CC variando de (56,96 a 81,19%). As elevadas taxas de pagamento aos 30 DAP possivelmente influenciaram uma boa CC% final. Fato desejado na implantação de acessos, pois além de maior TAP%, uma boa cobertura de solo, influencia no estabelecimento do gramado (MARCOS et al. , 2011). Os acessos de crescimento prostrado PNO3 e PNO6 e os de crescimento ereto (tufos) PCO2 e PRO1 foram agrupados com menores percentuais de CC%. Com relação a menor CC% de PNO6 e PRO1 podem ter sido influenciados por menores taxas de pagamento aos 30 DAP e de persistência aos 180 DAP.

Com relação aos acessos de crescimento ereto (tufos) o fato do PCO1 ter apresentado significativamente maior CC% que o PCO2, demonstra uma variabilidade intraespecífica para o gênero *Paspalum* mencionada por Castro et al (2015a) e também por Souza et al (2020). Castro et al (2015b), verificou excelentes capacidades de coberturas em acessos de *Paspalum* avaliados por um ano em condições de campo, demonstrando assim o potencial desse gênero para uso como gramados. Silva et al (2018) reafirmam esses resultados para os acessos de crescimento prostrado PNO1, PNO3 e PNO5, bem como neste trabalho para os acessos PNO1 e PNO5.

Para Koyama et al. (2013) a capacidade de cobertura é uma das principais características funcional da planta para uso em telhados verdes por contribuir para minimizar a temperatura interna de ambientes. Logo, acessos com maior capacidade de cobertura são passíveis de serem selecionados para uso em telhados verdes. Nos primeiros seis meses de cultivo, quando as plantas receberam apenas suporte hídrico mínimo para sobrevivência, foi possível observar (Figura 2) que o acesso de crescimento ereto PRH1 e os acessos de crescimento prostrado PNO1, PNO2, PNO3 e PNO5 apresentaram melhor desenvolvimento. Conforme as imagens, foi possível observar que a velocidade de cobertura e a coloração da grama dos acessos indicam uma boa tolerância a baixa fertilidade do solo utilizado e adaptação ao clima local.

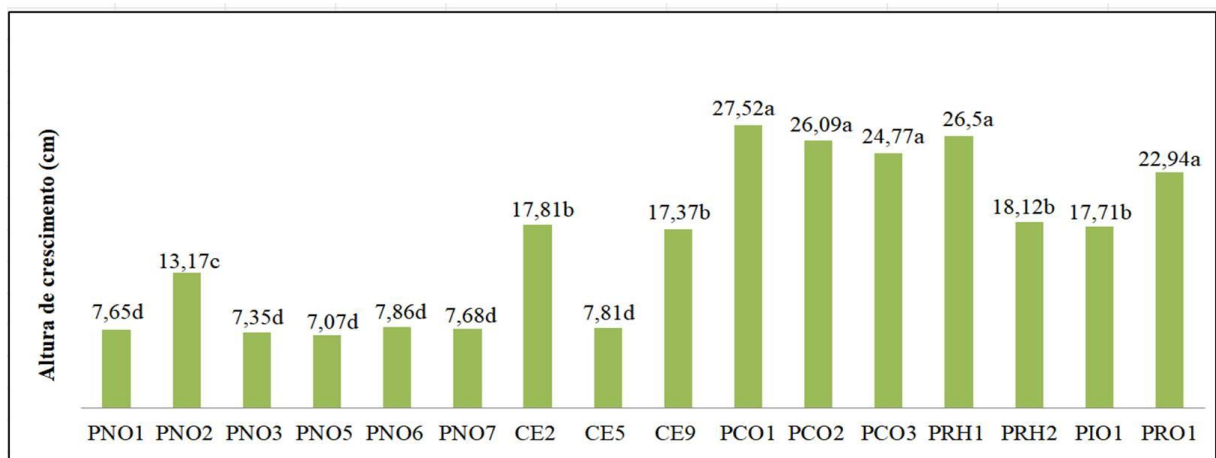
Para tanto após os seis meses quando além do suporte hídrico foi ofertado um aporte nutricional com solução nutritiva, os acessos responderam muito bem pois foi possível observar a recuperação destes através da velocidade de cobertura, indicando uma boa resiliência, com exceção dos acessos PNO3, PNO6, PCO2 e PRO1.

Acessos	1 mês	3 meses	6 meses	9 meses	12 meses	IMAGEJ* Imagem Binarizada	CC% ** média final
PNO1							57,77 a
PNO2							61,36 a
PNO3							51,73 b
PNO5							56,93 a
PNO6							44,57 b
PNO7							58,41 a
CE2							62,66 a
CE5							66,52 a
CE9							57,37 a
PCO1							59,55 a
PCO2							41,06 b
PCO3							64,51 a
PRH1							81,19 a
PRH2							62,93 a
PIO1							69,31 a
PRO1							44,63 b

**Figura 2.** Desenvolvimento de *Paspalum* spp. e médias da capacidade de cobertura do solo (CC - %), aos 365 DAP. Recife - PE, UFRPE, 2018/2019.\*Imagens binarizadas pelo programa ImageJ; \*\*Capacidade de CC (%); Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento Scott Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Para altura de crescimento (ALT- cm) a maioria dos acessos de crescimento prostrado PNO1, PNO3, PNO5, PNO6, PNO7 e CE5 não apresentaram diferenças significativas para altura de crescimento, que variaram de (7,07 a 7,86 cm), demonstrando, assim, uma menor necessidade de poda. Entretanto, PNO2, CE2 e CE9 (13,17; 17,81 e 17,37 cm, respectivamente, diferiram estatisticamente dos demais acessos de crescimento prostrado para altura de crescimento (Figura 3). Os acessos CE2 e CE9 apresentaram as maiores alturas entre acessos de crescimento prostrado e não diferiram significativamente dos acessos de crescimento ereto. De acordo com Souza et al (2016), genótipos capazes de manter naturalmente crescimento vertical reduzido por um maior tempo possível são desejáveis, pois o manejo para manter o crescimento dentro dos limites necessários como podas e aplicação de redutores químicos de crescimento, acarretam maiores custos.

Os acessos de crescimento ereto (tufos) PCO1, PCO2, PCO3, PRH1, PRO1 apresentaram maiores médias de altura de crescimento que não diferiam significativamente, e variaram de 22,94 a 27,52 cm. Os acessos PRH2 e PIO1 apresentaram menores alturas 18,12 e 17,71 cm respectivamente, não diferiram entre si, apresentando-se semelhantes aos de crescimento prostrado CE2 e CE9 (Figura 3). As maiores alturas podem favorecer a função de minimizar as temperaturas de ambientes internos, devido ao efeito do sombreamento das folhas sobre o substrato, que formam um colchão de ar, fazendo uma camada de impedimento do ar acima do dossel (quente) com o ar abaixo dele (mais frio), reduzindo assim a transferência de calor para a estrutura da cobertura (KREBS et al., 2017). Além da beleza estética, as gramíneas de crescimento ereto, possibilitam também movimento e leveza à composição paisagística (STUMPF, 2009).



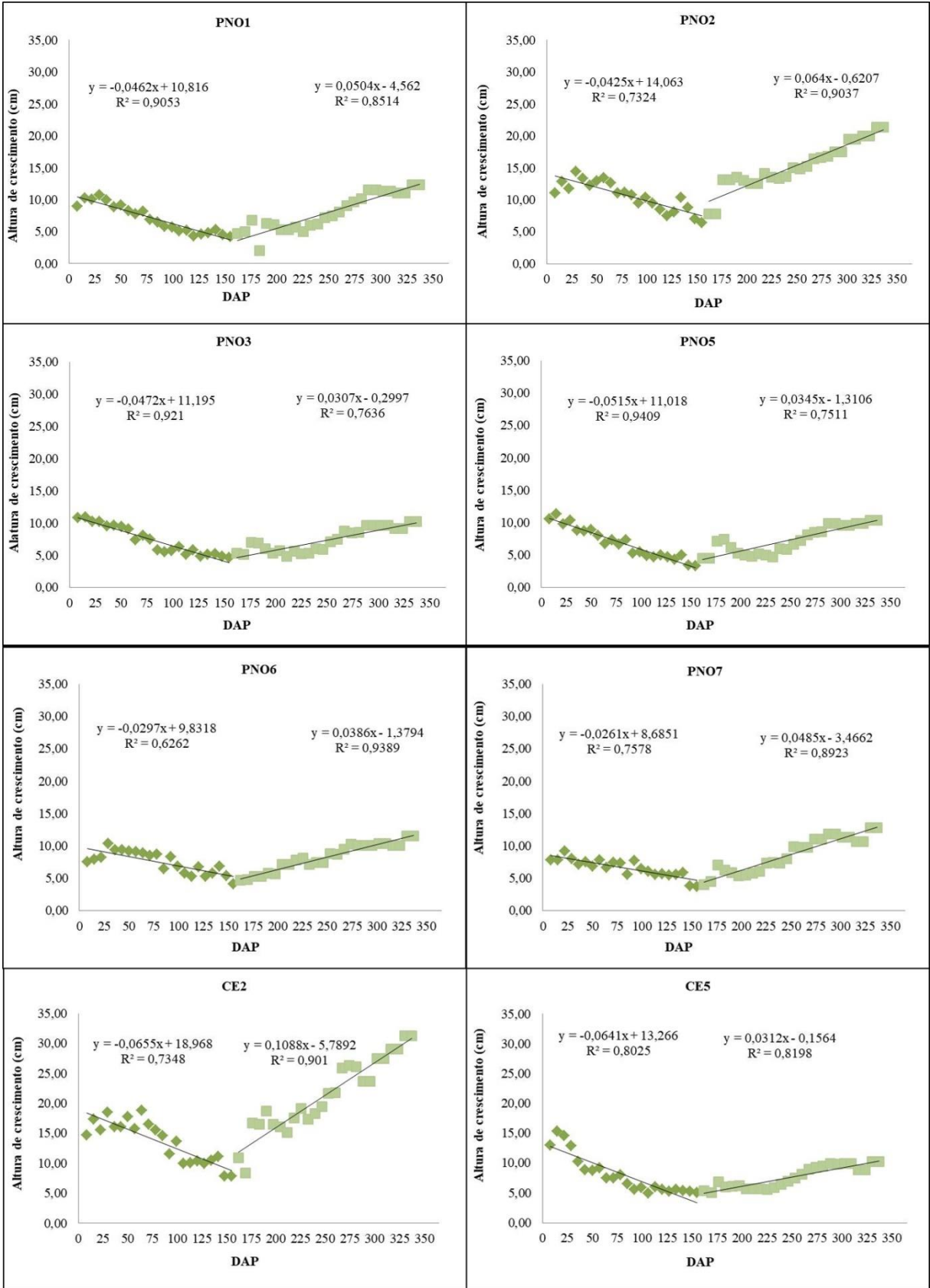
**Figura 3.** Altura de crescimento dos acessos de *Paspalum* spp. aos 365 DAP. Recife – PE, UFRPE, 2019. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de agrupamento de Scott Knott (1974) a 5% de probabilidade.

A análise de regressão linear realizada nos primeiros seis meses do experimento (Figura 4), demonstrou que houve uma influência considerada do tempo na altura das plantas. Foi observada uma relação inversa com o tempo, isto é, quanto maior foi o tempo, menor foi a altura, apresentando um decréscimo acentuado para os acessos de crescimento prostrado ( $R^2 = 0,5$  a  $0,9$ ), que pode ter sido ocasionada pela ausência de aporte nutricional e baixa disponibilidade hídrica. Com o início da aplicação da solução nutritiva aos 156 DAP foi possível observar aos 188 DAP uma boa resposta a esta aplicação, pois os acessos voltaram a crescer. Estes acessos por sua vez demonstraram uma boa velocidade de recuperação, voltando a crescer rapidamente com o passar do tempo mantendo de certa forma uma estabilidade de crescimento. Essa velocidade de recuperação dos acessos podem ter influenciado os elevados coeficientes de determinação dos últimos seis meses que variaram de ( $R^2 = 0,7$  a  $0,9$ ) estabelecendo assim uma relação direta, isto é, quanto maior foi o tempo maior foi a altura das plantas.

Os acessos de crescimento ereto (tufo) nos primeiros seis meses também apresentaram uma relação inversa com o tempo, quanto maior o tempo menor a altura, com coeficientes de determinação de ( $R^2 = 0,5$  a  $0,8$ ). Com exceção dos acessos PRH1 e PRO1 que apresentaram baixos coeficientes de determinação, como também o PCO1 apresentou baixíssimo coeficiente de determinação, estabelecendo uma menor influência do tempo, ou quase nenhuma como PCO1, apresentando-se mais resistente. Estes resultados demonstram que esses três acessos não apresentaram um decréscimo de altura acentuado, durante os primeiros seis meses, mantendo de certa forma sua capacidade funcional, apesar da baixa disponibilidade nutricional. Para os últimos seis meses com a aplicação da solução nutritiva, observou-se uma boa resposta, contudo essa velocidade de recuperação variou em torno dos 188 e 225 DAP demonstrando-se mais lenta, do que os de crescimento prostrado. Foi possível verificar uma relação direta com o tempo, quanto maior o tempo maior a altura, com coeficientes de determinação variando de ( $R^2 = 0,5$  a  $0,9$ ).

O comportamento dos acessos de *Paspalum* no período sem e com solução nutritiva, demonstraram que tanto a disponibilidade hídrica quanto o aporte nutricional foram de extrema importância para a sobrevivência das plantas. Para Souza et al. (2016) a altura é uma característica herdável, porém pode ser influenciada por fatores como disponibilidade hídrica, nutricional, regime de podas, dentre outros. O fato dos acessos terem sobrevivido os seis primeiros meses sem o aporte nutricional, com baixa disponibilidade hídrica em condições de céu aberto, evidencia a resistência e a rusticidade desses acessos às condições adversas do ambiente, assim como sua boa recuperação no período com solução nutritiva enfatiza a

resiliência desse gênero. Segundo Souza et al (2016) na seleção de gramados, a resistência à estresses bióticos e abióticos estão relacionada tanto a sobrevivência, quanto a velocidade de recuperação após o período de estresse, resposta observada principalmente para os acessos de crescimento prostrado.





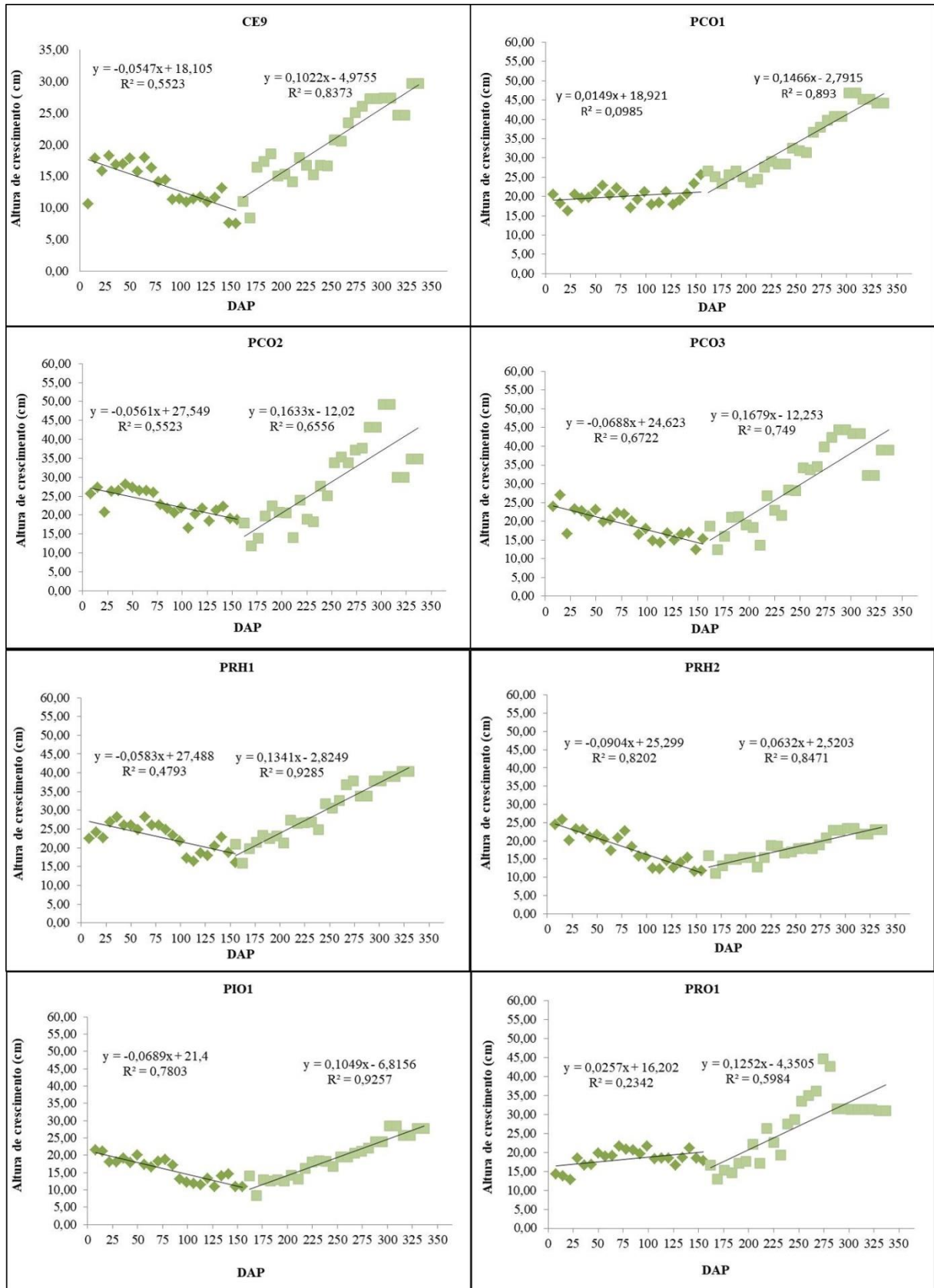


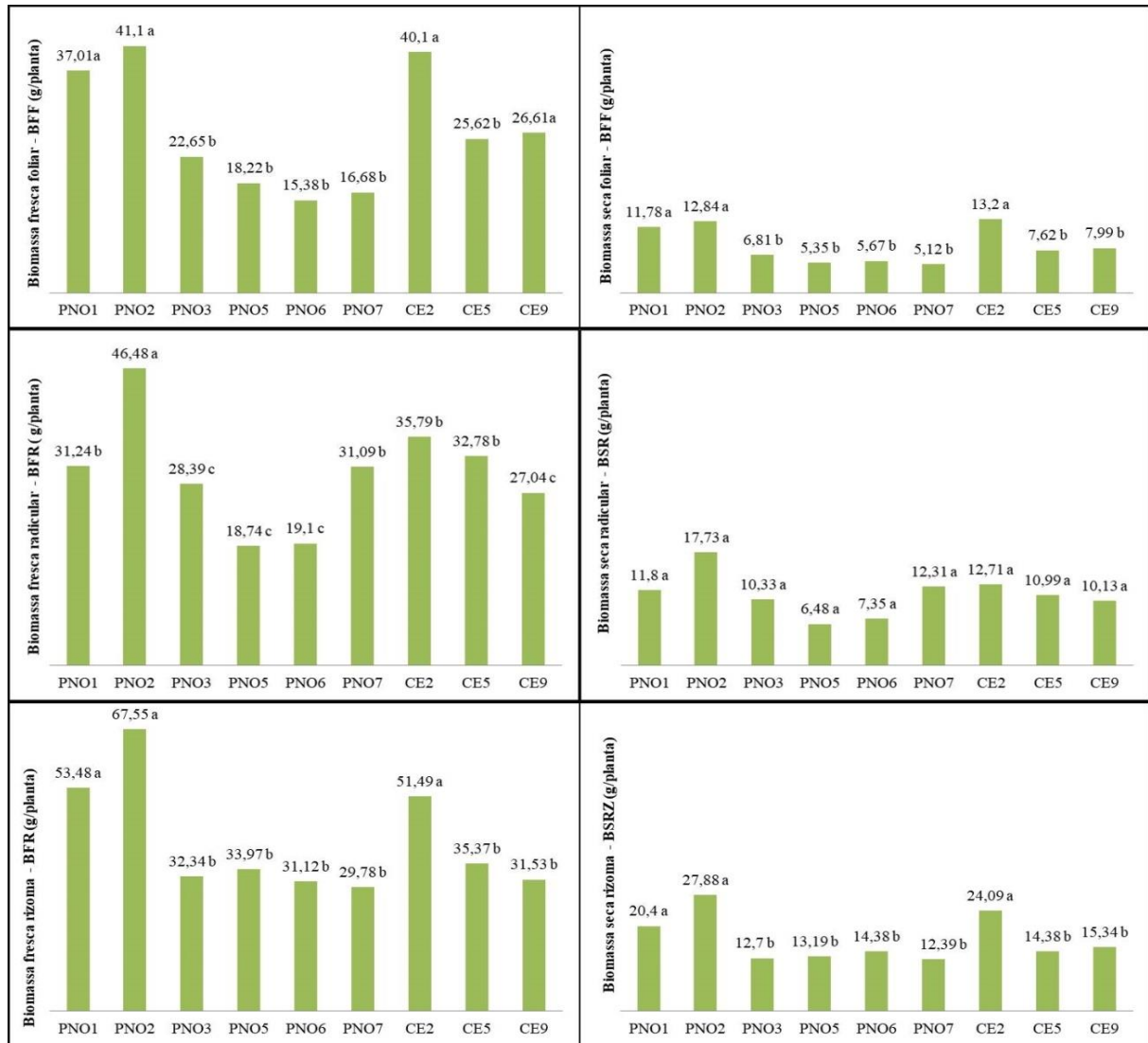
Figura 4. Regressão da altura de crescimento de acessos de *Paspalum* a cada seis meses. Recife - PE, 2019.

Com relação a produção biomassa fresca e seca das folhas e rizomas BFF, BSF, BFRZ, BSRZ foi possível observar que houve diferença significativa entre os acessos de crescimento prostrado. Os acessos PNO1, PNO2 e CE2 foram agrupados com maiores valores de biomassa sendo observada uma relação direta entre BFF e BSF como também da BFRZ e BSRZ (Figura 5).

Maiores valores de BFF podem estar associados a maiores capacidade de cobertura, pois estes acessos também foram agrupados entre aqueles com maior capacidade de cobertura. Para BSF, uma característica que pode ter influenciado a produção de biomassa seca, é a altura, tendo em vista que os acessos PNO2 e CE2 estão entre aqueles que apresentaram maiores altura. Souza et al (2020) quando avaliou acessos de *Paspalum* verificou que a biomassa seca da planta e altura estavam associadas, isto é, quanto maior a planta, maior foi a produção de massa seca. Foi possível observar que a elevada produção de rizomas auxiliaram na regeneração desses acessos, por se tratar de estruturas de reservas, estando relacionada à capacidade de resiliência dos acessos (GURGEL, 2003). Estes resultados demonstram que estas características estão integradas a características de extrema importância na seleção de gramados para uso em telhados verdes, como cobertura e altura, tendo em vista que maiores valores de biomassa fresca e seca expressam um bom desempenho e uso eficiente dos recursos, demonstrando-se assim resistente às condições de cultivo adotada e clima local.

O acesso PNO2 apresentou o maior valor biomassa fresca da radicular (BFR de 46,48 g/ planta), enquanto que os acessos PNO3, PNO5, PNO6 e CE9 apresentaram os menores valores, os demais acessos PNO1, PNO7, CE2, CE5 apresentaram uma boa produção de biomassa fresca radicular, variado de 31,09 a 35,79 g/planta. Para telhados verdes é importante que a planta apresente um sistema radicular vigoroso, para suportar ventos fortes, e se adapte a profundidade reduzida, tendo assim um bom desempenho de seus serviços ecossistêmicos (LUNDHOLM et al.,2015). Apesar dos acessos PNO5 e CE9 estarem entres os acessos que apresentaram menores valores de biomassa fresca radicular, demonstraram um bom desenvolvimento e uso eficiente recursos hídricos e nutricionais.

Para a variável BSR, não houve diferença significativa entre os acessos, contudo é possível observar que apesar das condições mínimas de cultivos estes acessos por sua vez apresentaram acúmulo de biomassa seca em um ano de cultivo, demonstrando sua rusticidade e resiliência em uma condição de telhado verde extensivo.

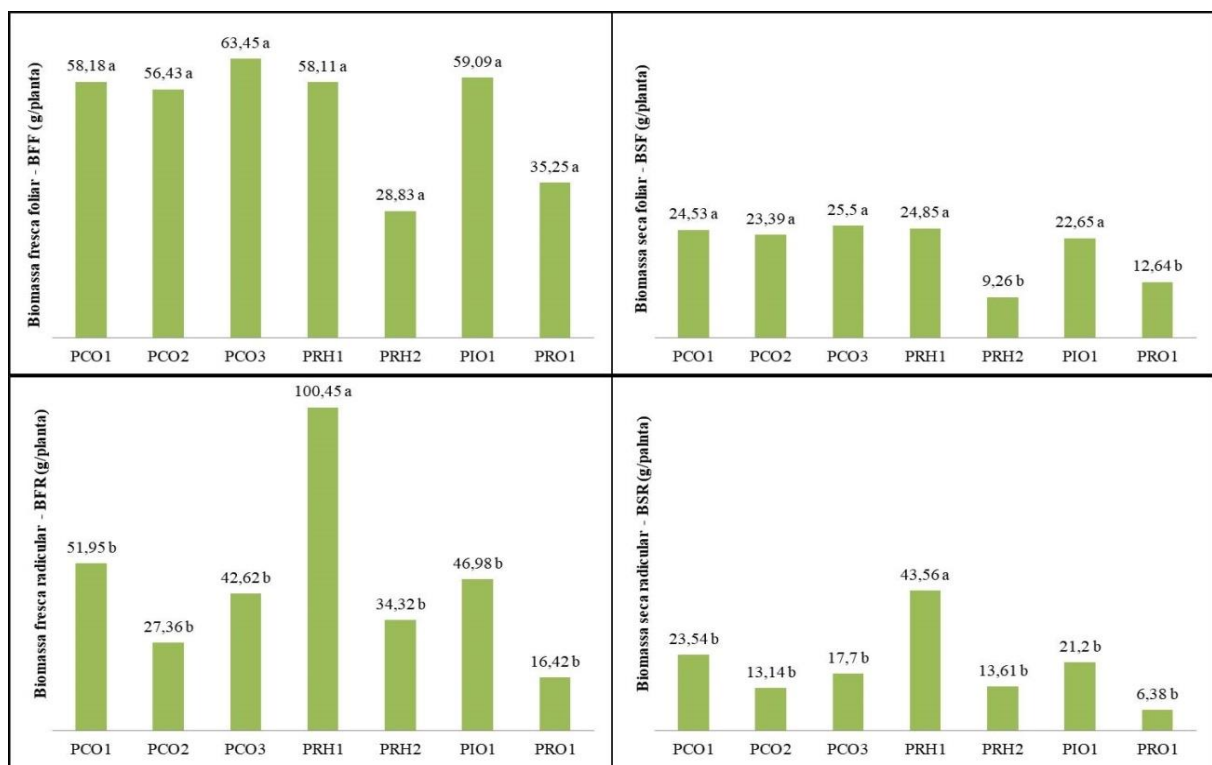


**Figura 5.** Biomassa fresca e seca da folha (BFF e BSF), radicular (BFR e BSR) e de rizomas (BFRZ e BSRZ) (g/planta), de acessos de crescimento prostrado de *Paspalum* spp. aos 365 DAP. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas constituem grupo estatisticamente homogêneo.

Para os acessos de tufo não houve diferença significativa para a variável BFF, porém apresentaram elevados valores, que pode ser explicada por apresentarem maior porte, e também pode contribuir para um maior conforto térmico em uma condição de telhado verde, pois Dosséis mais densos tendem a dar um efeito de sombreamento mais eficaz na camada do substrato, fazendo uma camada de impedimento do ar acima do dossel (quente) com o ar abaixo dele (mais frio), por conseguinte, proporcionar um melhor efeito de arrefecimento (KREBS et al., 2017). Para BSF foi verificada diferença significativa, sendo os acessos PRH2 e PRO1 agrupados com os menores valores (9,26 e 12,64 g/planta) respectivamente, os demais acessos foram agrupados com maiores valores não apresentando diferença significativa entre si, variando de (22,65 a 25,50 g/planta) demonstrando o uso eficiente dos

recursos nutricionais aos 365 DAP demonstrando um bom desempenho destes acessos em condições de telhados verdes, demonstrando-se adequadas ao clima da região (Figura 6).

Para a variável BFR e BSR o acesso PRH1 apresentou os maiores valores, sendo possível observar uma relação direta, ou seja, maior biomassa fresca e maior biomassa seca (100,45 e 43,56 g/planta) respectivamente. Os demais acessos foram agrupados com menores valores (g/planta) e não diferiram significativamente entre si (Figura 6). A produção de biomassa radicular em telhados verdes extensivos é de extrema importância, tendo em vista, para um bom estabelecimento de gramados, as plantas neste tipo de telhado, deverão formar raízes relativamente rasas com grande capacidade de armazenar água e suportar extremos de climas de frio e calor (MACIVOR; LUNDHOLM, 2011). Desta forma maiores valores de biomassa seca acumulados aos 365 DAP expressam o uso eficiente dos recursos nutricionais para sua sobrevivência, apesar da pequena profundidade da bandeja.



**Figura 6.** Biomassa fresca e seca da folha (BFF e BSF), e radicular (BFR e BSR) (g/planta), para os acessos tipo tufo de *Paspalum* spp. aos 365 DAP. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas constituem grupo estatisticamente homogêneo.

## Conclusão

A partir da caracterização de acessos de gramas nativa do gênero *Paspalum* spp. conforme características desejáveis para uso em telhados verdes, foram recomendados os acessos de crescimento prostrado PNO1, PNO5 e CE5 e o de crescimento ereto PIO1 por apresentar boa capacidade de estabelecimento e cobertura, crescimento vertical reduzido, baixa necessidade de manutenção e boa tolerância ao cultivo com profundidade de 7cm. O fato de esses acessos terem sobrevivido aos seis primeiros meses de cultivo sem aporte nutricional, evidenciam a resistência e rusticidade dos mesmos às condições adversas do ambiente. A recuperação desses acessos após o aporte nutricional enfatiza a resiliência desse gênero, elevando seu potencial para uso como gramados.

## Referências

- ARIGONI, P. Balanço do projeto Grama Legal. In: Backes, C.; Godoy, L.J.G.de; Mateus, C.M.D.; Santos, A.J.M.; Villas-Boas, R.L.; Oliveira, M.R. (eds.) **Tópicos Atuais em Gramados III**, FEPAF; UNESP/FCA, Botucatu, pp.80-90. 2012
- BEATRICE, C. C.; VECCHIA, F. Avaliação do potencial de uso de três espécies vegetais como cobertura leve de telhados em edificações. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 5, n. 1, p. 5-24, 2011
- CARVALHO, I.D.S. Respostas agronômicas e ecofisiológicas de genótipos de meloeiro submetidos à salinidade para desenvolvimento de estratégias de seleção. 2019. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético de Plantas) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.
- CASTRO A.C.R. et al. Characterization of *Paspalum* accessions as ornamental lawn. **Acta Horticulturae 1087**: 255-259, 2015a.
- CASTRO, A.C.R. et al. Evaluation of native Brazilian *Paspalum* germplasm as lawn for landscaping purpose. **Acta Horticulturae 1104**: 505-509, 2015b.
- CRUZ, C.D. GENES – a software packange for analusis in experimental satitics and quantitative genetics. **Acta Scientarum**. v.35, n.3,p.271-276. 2013.
- DEAGRI - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRICOLA. Estação de Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura - Departamento de Engenharia Agrícola/UFRPE/Recife. 2019
- GURGEL, R. Principais espécies e variedades de grama. Simpósio sobre gramados, 1. 2003.
- JAIN, R., KASTURI, R. e SCHUNCK, G. B. Machine Vision. McGraw-Hill, first Edition,1995.

IGRA INTERNATIONAL GREEN ROOF ASSOCIATION. Green Roof Types. Disponível em: [http://www.igra-world.com/types\\_of\\_green\\_roofs/index.php](http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php). Acesso em: 14 jan. 2018.

KANAPECKAS, J.; LEMEZIENÉ, N.; STUKONIS, V.; TARAKANOVAS, P. Drought tolerance of Turfgrass genetic resources. **Biologija**, v.54, n.2, p.121-124, 2008. Doi: 10.2478/v10054-008-0025-5.

KOYAMA, TAKUYA et al. Identification of key plant traits contributing to the cooling effects of green façades using freestanding walls. **Building and Environment**, v. 66, p. 96-103, 2013.

LAAR, M. et al. Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos extensivos em cidades de clima tropical. In: **Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído-Encac**, v. 6, 2001.

LIMA MENDES, T. G. et al. Abordagem científica sobre ilhas de calor em Recife-PE. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 4, n. 1, p. 001-013, 2019.

LUNDHOLM, J; TRAN, S; GEBERT, L. Plant functional traits predict green roof ecosystem services. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 4, p. 2366-2374, 2015.

MACIVOR, J. S.; LUNDHOLM, J. Performance evaluation of native plants suited to extensive green roof conditions in a maritime climate. **Ecological Engineering**, v. 37, n. 3, p. 407-417, 2011

MARCOS, M.F. et al. Estabelecimento de Acessos de *Paspalum* ssp. para gramados. In: **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE BREEDING, 3., 2011, Bonito, MS. Breeding forage for climate change adaptation and mitigation-eco-efficient animal production: proceedings.[Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte], 2011., 2011.

MOURA-BUENO, J. M. et al. Erosão em áreas de encosta com solos frágeis e sua relação com a cobertura do solo. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 102-112, 2018.

NEWMAN, Y., Vendramini, J. e Blount, A. 2014. Bahiagrass ( *Paspalum notatum* ): visão geral e gerenciamento. Instituto de Alimentos e Agricultura da Universidade da Flórida

RIOS, M. Telhado Verde: Uma Estratégia Para as Cidades Sustentáveis. II Encontro Nacional dos GTMA's, Fortaleza/CE, 2016.

SILVA, I. A. et al. Tecnologia “telhado vivo”: estudo e potencial de integração de plantas nativas na cobertura e resgate da fauna. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 2, p. 62-76, 2014.

SILVA, S. A. C. et al. Characterization and selection of Brazilian native grasses for use as turfgrass. **Acta horticulturae**, 2018.

SILVA, S. Á.C.G. **Potencial de Axonopus parodii, Paspalum leptum e P. notatum como grama ornamental**. Dissertação (mestrado em melhoramento genético de plantas). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife 2015.

SILVEIRA, L. P. et al. Estimativa da cobertura de gramíneas invasoras em área degradada de cerrado por meio do Software Imagej. **Revista ESPACIOS**, v. 37, n.31, 2016.

SOUZA, C. C. et al. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 4, n. 3, p. 338-342, 2000.

SOUZA, F. H. D. et al. Atributos desejáveis para gramados a serem cultivados sob condições brasileiras: uma proposta. **Ornamental Horticulture**. CAMPINAS. V. 22, Nº. 2, p. 154-165. 2016.

SOUZA, F. H. D. et al. Characterization of the potential of native grasses for use as lawns. **Ornamental Horticulture**, v. 26, n. 1, p. 109-120, 2020.

SOUZA, F. H. D. **Os gramados e a forração vegetal permanente de superfícies de solo: exemplo de oportunidades perdidas?** Boletim. São Carlos-SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2013.

STUMPF, E. R. T. **Cores e formas no Bioma Pampa: plantas ornamentais nativas.** Embrapa Clima Temperado, 2009.

### **CAPÍTULO III**

---

**Este artigo será submetido para revista DYNA**



# Caracterização fenotípica por técnicas espectro visual por bandas termal e multiespectral de *Paspalum* de uso em telhados verdes simulados

Roberta Maria Ferreira Paes<sup>(a)</sup>; Pabrcio Marcos Oliveira Lopes<sup>(a)</sup>; Simone Santos Lira Silva<sup>(a)</sup>; Islan Diego Espíndula de Carvalho<sup>(a)</sup>; Vivian Loges<sup>(a)</sup>.

<sup>a</sup>Departamento de Agronomia/Laboratório de Floricultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, Brasil.  
robertapaes1@gmail.com, pabrciope@gmail.com, simolira@gmail.com, iislandiego@hotmail.com, vivian.loges2@ufrpe.br.

## Abstract

The objective was to evaluate the use of phenotyping techniques in the characterization of *Paspalum* for use on green roofs. The experiment was carried out at the Federal Rural University of Pernambuco - UFRPE from May to June 2019. The accessions of *Paspalum* spp.: PNO1, PNO2, PNO3, PNO5, PNO6, PNO7, CE2, CE5 and CE9 of rhizomatous habit were evaluated and PCO1, PCO2, PCO3, PRH1, PRH2, PIO1 and PRO1 of upright cespituous habit (tuff). Simulating a green roof condition, the Soil-Adjusted Vegetation Index - SAVI, thermometry - TM and thermography - TG were evaluated. The relationship between SAVI and the coverage area showed a coefficient of determination ( $R^2 = 0.84$ ), with green matter ( $R^2 = 0.73$ ), with dry matter ( $R^2 = 0.56$ ). Thermography and thermometry provided measurement of leaf temperature and canopy showing no significant difference between the accessions for leaf temperature (TMF and TGF) and for canopy thermometry (TMD), whereas for canopy thermography - TGD there was a significant difference, with accesses of upright growth showed lower canopy temperatures than those of low growth. The relationship between the techniques showed high values of coefficient of determination ( $R^2 = 0.85$ ) between TMF and TGF and ( $R^2 = 0.91$ ) between TMD and TGD. Given the above, the SAVI index can be used to estimate the coverage capacity (CC), identify how much of that coverage is green matter (MV%) and how much is dry matter (MS%). Leaf and canopy temperatures can be used as an indication of water deficit in *Paspalum* accesses, using both the infrared thermometer (more accessible) and the thermographic camera. Canopy thermography - TGD can also be used to evaluate the thermal performance of green roofs. Thermographic images indicated that *Paspalum* accessions of erect growth (tuff) may possibly provide better thermal comfort.

Keywords; Lawns; thermography; thermometry

## Resumo

Objetivou-se avaliar o uso técnicas de fenotipagem na caracterização de *Paspalum* para uso em telhados verdes. O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE de maio a junho de 2019. Foram avaliados os acessos de *Paspalum* spp.: PNO1, PNO2, PNO3, PNO5, PNO6, PNO7, CE2, CE5 e CE9 de hábito rizomatoso prostrado e PCO1, PCO2, PCO3, PRH1, PRH2, PIO1 e PRO1 de hábito cespitoso ereto (tufo). Simulando uma condição de telhado verde, foram avaliadas as técnicas, Soil-Adjusted Vegetation Index – SAVI, termometria - TM e termografia - TG. A relação do SAVI com a área de cobertura apresentou coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,84$ ), com a matéria verde ( $R^2 = 0,73$ ), com a matéria seca ( $R^2 = 0,56$ ). A termografia e a termometria proporcionaram medição de temperatura foliar e de dossel não apresentando diferença significativa entre os acessos para temperatura foliar (TMF e TGF) e para termometria dossel (TMD), já para a termografia dossel - TGD houve diferença significativa, tendo os acessos de crescimento ereto apresentaram menores temperaturas de dossel do que os de crescimento rasteiro. A relação entre as técnicas apresentaram elevados valores de coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,85$ ) entre TMF e TGF e ( $R^2 = 0,91$ ) entre TMD e TGD. Diante do exposto o índice SAVI pode ser utilizado para estimativa da capacidade de cobertura (CC), identificar o quanto dessa cobertura é de matéria verde (MV%) e o quanto é matéria seca (MS%). As temperaturas foliares e de dossel podem ser utilizadas como indicativo de déficit hídrico em acessos de *Paspalum*, utilizando tanto o termômetro de infravermelho (mais acessível), quanto à câmera termográfica. A termografia de dossel - TGD também pode ser utilizada para avaliar o desempenho térmico de telhados verdes. Imagens termográficas indicaram que acessos *Paspalum* de crescimento ereto (tufo) possivelmente podem proporcionar um melhor conforto térmico.

Palavras-chave: Gramados; termografia; termometria.

## 1 INTRODUÇÃO

Técnicas de fenotipagem no melhoramento genético de plantas são promissoras e contribuem significativamente na seleção e caracterização de plantas, por serem técnicas não destrutivas e promoverem a obtenção de resultados de forma mais rápida (White et al., 2012). Entre as técnicas de fenotipagem, o processamento de imagens tem demonstrado o funcionamento de vários mecanismos da planta (Matsuda et al., 2012; Li et al., 2014; Tattaris et al., 2016).

O estudo de imagens permite medir um fenótipo quantitativamente através da interação das plantas com a luz, como fótons refletidos, absorvidos ou transmitidos, onde cada componente celular assim como os tecidos vegetais, expressam estas propriedades conforme o comprimento de onda específico (Li et al., 2014). O emprego de técnicas espectrais através de imagens multiespectrais na seleção de plantas, vem apresentando resultados promissores, no qual, permite avaliar o comportamento espectral da folha, tendo como base a reflectância da região do espectro eletromagnético, onde os pigmentos foliares absorvem mais radiação (Sousa et al., 2015).

Imagens espectrais através de índices de vegetação têm sido utilizadas para obtenção de características biofísicas como área de cobertura e atividade fotossintética (Ponzoni, 2001). O mais utilizado para relação com a clorofila é o Normalized Difference Vegetation Index – NDVI (Sousa et al., 2014). Outro índice utilizado é o Soil-Adjusted Vegetation Index – SAVI que se trata de uma correção do NDVI, visando minimizar o efeito solo (Silva et al., 2020). Outra faixa do espectro utilizada nas novas técnicas de fenotipagem é a do infravermelho termal (8-14  $\mu\text{m}$ ), onde é utilizada ferramentas como câmera termográfica, por exemplo, (Sousa et al., 2015). A termometria de infravermelho vem sendo mais utilizada para medições pontuais como temperatura foliar. A temperatura foliar e a diferença entre a temperatura do ar têm sido utilizadas como indicadoras das condições hídricas das plantas (Pires et al., 2015; Costa, 2020).

Estas técnicas por sua vez podem contribuir na caracterização de plantas para uso em telhados verdes, sendo necessária para o processo de seleção de plantas adequadas, pois existem características que contribuem significativamente para a funcionalidade dos telhados como a capacidade cobertura, sobrevivência, adequação estética e baixo custo de implantação e manutenção (Koyama et al., 2013). Além destas características, a capacidade das plantas de fornecerem diversos serviços ecossistêmicos, como amenizar a temperatura local e melhorar o conforto térmico nos ambientes internos, deve ser levada em consideração, tendo em vista,

que esta capacidade pode diferir entre as espécies, havendo aquelas que possam maximizar esses serviços (Monteiro et al., 2016).

Os telhados verdes podem contribuir na melhoria da qualidade de vida da população, retenção e reutilização de águas das chuvas, redução da poluição do ar, escoamento de águas pluviais, conforto acústico e visual (Silva; Siqueira; Aragão, 2017). O crescimento rápido e desordenado da urbanização resulta na formação das ilhas de calor, que são bolsões de ar aquecidos presentes no meio urbano, causada pela maior absorção de radiação, devido à capacidade que os diferentes materiais construtivos que compõem a estrutura urbana, têm de trocar energia com o sol, onde a radiação solar absorvida por estes materiais é convertida em ondas de calor ficando retida e elevando a temperatura do ambiente, podendo ser minimizadas pela inclusão de áreas verdes (Amorim, 2017; Santos et al., 2017; Peng et al., 2020)

O uso de espécies adequadas em telhados verdes configura-se o fator mais crítico para o bom desempenho do telhado, especialmente para o tipo extensivo, em que não se utiliza irrigação e apresentam capacidade limitada de reter a umidade pela pequena camada de substrato, evidenciando a importância da seleção de plantas (Tan; Sia, 2009; Silva et al., 2014; Tassi et al., 2014). A seleção de gramas do gênero *Paspalum* para diferentes finalidades de uso tem contribuído para valorização do potencial genético de espécies nativas. Souza (2013), Castro (2015ab) e Souza et al (2016), destacaram as principais características, para uso como gramados, indicando seu potencial de uso para telhado verde e demonstrando a rusticidade deste gênero.

Alguns trabalhos têm sido realizados utilizando técnicas modernas de fenotipagem, tanto para avaliar estresse hídrico (Hackl et al., 2012; Martínez et al., 2016; Yu et al., 2016) como também para avaliar o desempenho energético e térmico de telhados verdes (Ferrante et al., 2016; Liz et al., 2018).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a utilização de técnicas de fenotipagem na caracterização de gramas nativas para uso em telhados verdes.

## **2 Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, localizada no município do Recife, na região metropolitana (latitude 8°1'5,87"S, longitude 34°56'37,56"W e altitude de 4 m). O estudo compreendeu o período de maio a junho de 2019 dos 350 DAP (dias após o plantio)

(23/05/19) aos 365 DAP (07/06/19). Durante esse período ocorreram 218,7 mm de chuva na área de estudo (UFRPE/DEAGRI, 2019). Os materiais genéticos utilizados neste trabalho foram fornecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Pecuária Sudeste (Tabela1).

Para simular a condição de cultivo de telhado verde, as bandejas foram mantidas a céu aberto sobre uma área impermeabilizada (pavimento de paralelepípedo). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições.

Em maio de 2018 foi realizado o plantio das mudas de *Paspalum*, os de crescimento ereto foram padronizadas com 20 cm, os acessos do tipo rasteiro foram padronizadas para 10 cm para. Seis mudas de cada acesso foram plantadas no espaçamento de 9,0 cm x 7,6 cm em bandejas de polietileno com (27 cm de largura x 38 cm de comprimento x 7 cm de profundidade). As bandejas foram preenchidas com solo de baixa fertilidade, equivalendo ao volume de 6.156 cm<sup>3</sup> e área de 1.026 cm<sup>2</sup>.

Diariamente foram irrigadas com 400 ml/bandeja (baseada na Capacidade de campo – Cc) e, a partir dos 156 DAP, foi iniciada a irrigação uma vez por semana com solução nutritiva (concentrações em g L<sup>-1</sup> de Nitrato de Potássio (KNO<sub>3</sub>) – 0,55; Fosfato Monopotássico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) – 0,22; Quelatec – 0,051; Ácido Bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) – 0,0017; Nitrato de Cálcio (CaNO<sub>3</sub>) – 0,89; Sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>) – 0,45; Ultraferro – 0,026) seguindo as recomendações de Carvalho (2019). Em relação a manutenção não foram realizadas podas, apenas limpeza de ervas daninhas.

Tabela 1. Acessos de *Paspalum* spp. avaliados no experimento.

	Característica	Espécie	Sigla
1	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO1
2	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO2
3	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO3
4	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO5
5	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO6
6	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum notatum</i>	PNO7
7	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum</i> sp.	CE2
8	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum</i> sp.	CE5

9	Rizomatoso de crescimento prostrado (rasteiro)	<i>Paspalum</i> sp.	CE9
10	Cespitoso de crescimento ereto (tufo)	<i>Paspalum compressifolium</i>	PCO1
11	Cespitoso de crescimento ereto (tufo)	<i>Paspalum compressifolium</i>	PCO2
12	Cespitoso de crescimento ereto (tufo)	<i>Paspalum compressifolium</i>	PCO3
13	Cespitoso de crescimento ereto (tufo)	<i>Paspalum rhodopedum</i>	PRH1
14	Cespitoso de crescimento ereto (tufo)	<i>Paspalum rhodopedum</i>	PRH2
15	Cespitoso de crescimento ereto (tufo)	<i>Paspalum ionanthum</i>	PIO1
16	Cespitoso de crescimento ereto (tufo)	<i>Paspalum rojasii</i>	PRO1

Com base no tempo necessário para a execução das técnicas de leituras e de coletas das imagens com precisão para avaliar a utilização de técnicas de fenotipagem, foram selecionadas as bandejas com melhor desenvolvimento, isto é, com maior número de mudas sobreviventes, que correspondeu a 25% do experimento. O uso de 25% das imagens do experimento completo é superior ao adotado por Golzarian et al (2011) que utilizou 20% das imagens, para avaliar um método baseado em análises de imagens com gramíneas.

## 2.1 Índice de vegetação SAVI

Para o aperfeiçoamento das coletas de dados, foram realizados vários estudos pilotos em campo, para criar uma plataforma terrestre acurada. Esta plataforma de campo foi confeccionada baseando-se nas diretrizes de Fritsche Neto e Borém (2015). Foi utilizado um tripé fotográfico, ao qual foi acoplado um bastão para suporte sustentação da câmera multiespectral ADC-Lite (Raw 210 bits), previamente calibrada em superfície branca, sendo conectada a um monitor LCD de sete polegadas, para permitir a visualização das imagens no momento da sua obtenção. Esta foi posicionada a uma altura de 1,35 m direcionada perpendicularmente a bandeja, esta que foi colocada sobre um plano de fundo de cor preta. As coletas foram realizadas aos 350 e 365 DAP, em condições de céu claro. As imagens espectrais foram capturadas no período da manhã entre 7 e 10 horas. Para cada acesso, foram tomadas duas imagens.

As variáveis analisadas foram: Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (Soil-Adjusted Vegetation Index – SAVI) e capacidade de cobertura (CC - %) a partir de imagens multiespectrais; estimativa de cobertura verde (matéria verde - MV%) e seca (matéria seca -

MS %) a partir de imagens de SAVI para estimação de atividade fotossintética, verificando a utilização desse índice para estimação das características supracitadas.

Utilizando o software PixelWrench2x64 as imagens foram cortadas de 2048 x 1536 pixels para 1386 x 910 pixels (largura x altura), correspondendo a um campo de visão de 2.714.477cm<sup>2</sup>. As imagens foram calibradas de acordo com a imagem da superfície branca, sendo realizado a análise do comportamento do SAVI expresso pela equação  $SAVI = (1+L) \cdot (NIR-R) / (NIR+R+L)$ , em que NIR (infravermelho próximo) e R (vermelho) e L é o fator de correção de ajuste solo, onde foi utilizado o fator L = 1,0 (HUETE,1988). Posteriormente as imagens foram salvas no formato TIFF. Por se tratar de uma modificação de NDVI, a partir da aplicação da constante L, minimizando os efeitos da reflectância do solo nos seus resultados, seus valores podem variar de -1 a +1, quanto mais próximo de 1, maior presença de clorofila, e teoricamente maior a atividade fotossintética (Sousa et al., 2015).

Para estimativa de área de cobertura as imagens multiespectrais foi realizado o processo de binarização pelo software ImageJ© versão 1.49, de linguagem Java (SILVEIRA et al., 2016). Utilizando a imagem de SAVI, foram analisados os percentuais de matéria verde - MV e matéria seca - MS da imagem para estimativa de atividade fotossintética. Para tanto foram selecionados pontos representativos dos pixels de vegetação verde, de vegetação seca, e de solo exposto, criando uma classificação baseada no índice de vegetação, onde foram estabelecidas classes conforme a coloração da imagem e seus respectivos intervalos (vegetação verde – vermelho; vegetação seca – amarelo; solo exposto - azul) (Figura 1).

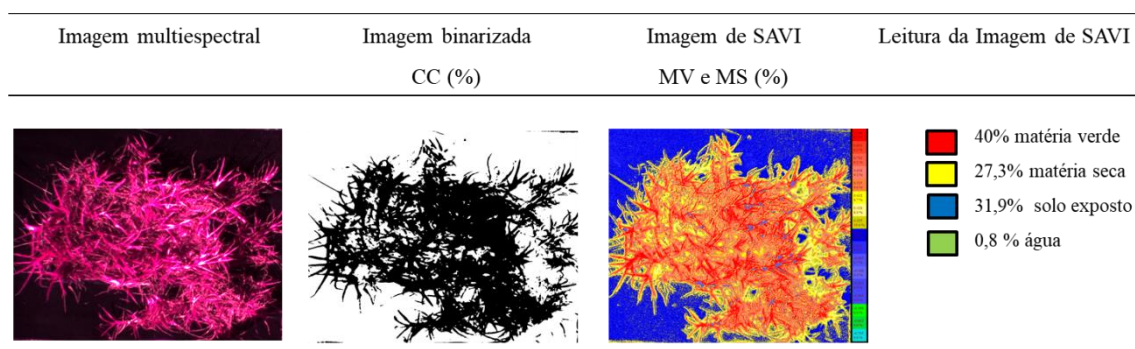


Figura 1. Exemplo do processamento de imagem do acesso *Paspalum* spp PNO5 aos 365 DAP para a classificação baseada no índice de vegetação (SAVI), onde foram estabelecidas classes conforme a coloração da imagem em vegetação verde (vermelho), vegetação seca (amarelo) e solo exposto (azul).

Os valores de pixels correspondentes ao SAVI de solo exposto foram eliminados de acordo com uma classificação supervisionada da imagem, ficando apenas os valores correspondentes ao SAVI de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) em relação ao número

total de pixels da imagem, considerando a média destes pixels (Figura 1) (SIMÕES et al., 2015; SOUZA et al., 2017). Foram analisados os totais pluviométricos de 15 dias antes da primeira e da segunda coleta de imagens, para verificar se houve interferência da precipitação pluviométrica nos valores do índice de vegetação SAVI (PESCK, 2017).

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F,  $p \leq 0,05$ ) do tipo fator duplo sem repetição. As médias dos acessos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Entre as avaliações foi aplicado o Teste t, considerando que foi avaliado o mesmo grupo em momentos diferentes. As inter-relações entre as variáveis experimentais e os valores de SAVI foram analisadas por regressão linear. As análises foram realizadas com auxílio dos *softwares* GraphPad Prisma. 5.0 e Excel 2010.

## 2.2 Termometria e Termografia

As técnicas de termometria e termografia foram utilizadas para leituras de temperatura foliar e do dossel dos acessos de *Paspalum*, a fim de verificar a relação existente entre as duas técnicas para utilizá-las como indicador de acessos tolerantes ao déficit hídrico, e avaliar o desempenho térmico desses acessos em uma condição de telhado verde. As coletas foram realizadas aos 365 dias após o plantio - DAP, das 08:00 às 11:00h am e das 01:00 às 04:00h pm.

A termometria foi realizada por meio de um termômetro de infravermelho modelo Kimo Kiray-200. Para a obtenção de temperatura foliar ( $T_f - ^\circ\text{C}$ ) foram realizadas nove leituras por acesso (bandeja), posicionado a 10 cm das folhas que se encontravam expostas à radiação solar direta. Para obtenção de temperatura de dossel ( $T_d - ^\circ\text{C}$ ) foram realizadas duas leituras com o termômetro posicionado a 1m da bandeja, onde (Yu, et al 2016; Hackl, et al, 2012).

A termografia foi realizada utilizando câmera termográfica FLIR modelo FLIR i50 (FLIR Systems AB, Sweden) e analisadas por meio do software FLIR QuickReport, versão 1.2 com emissividade de 0,95. Foram realizadas duas leituras, para a obtenção de temperatura foliar ( $T_f - ^\circ\text{C}$ ) e dossel ( $T_d - ^\circ\text{C}$ ), com a câmera foi posicionada a 1m da bandeja.

Utilizando a termometria foliar (TMF) foi estimado também ao grau de estresse diário dos acessos em um telhado verde, para tanto foi realizada a caracterização meteorológica da área experimental (Pires et al, 2015). Foram obtidos dados de temperatura ( $T_{ar}$ ) e umidade relativa (UR) do ar pelo termômetro digital Incoterm, para máxima e mínima (interna /externa - Int./Ext. Os dados de radiação solar incidente ( $R_g$ ), precipitação (P), velocidade do vento (v)

e déficit de pressão de vapor (DPV) foram obtidos da Estação de Agricultura Irrigada - Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE, 2019) para caracterizar as condições meteorológicas locais no dia da avaliação.

Utilizando a termografia do dossel (TGD) foi verificado também quais acessos poderiam ofertar um melhor desempenho térmico em uma condição de telhado verde, levando em consideração a contribuição da cobertura vegetal na redução de temperatura, quando comparada a uma superfície não vegetada. Foi observada uma escala de cores relacionada com a temperatura do dossel, do azul (temperaturas mais amenas) ao amarelo (temperaturas mais elevadas).

As medidas da  $T_f$  e  $T_d$  foram submetidas à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando o programa estatístico Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2011).

### **3. Resultados e discussão**

#### **3.1 Índice de vegetação SAVI e características relacionadas**

Conforme a análise de variância observou-se que houve diferenças significativas entre as avaliações para todas as variáveis analisadas, mas não houve diferença significativa entre os acessos.

As médias de capacidade de cobertura (CC) variaram de (34,08 a 56,81%). Estas por sua vez assemelharam-se com as médias de SAVI variando de (0,34 a 0,6), expressando uma possível relação entre as características. Foi possível observar também que os valores de SAVI de maneira geral indicaram que os acessos estiveram em uma faixa de moderada a muito sadia (EOS, 2019). Para matéria verde (MV) as médias variaram de (30,4 a 59,41 %), para matéria seca (MS) variaram de (20,6 a 31,7%) (Figura 2). Estes resultados indicam que apesar de estarem a um ano em campo, em condições de cultivo como pequena profundidade da bandeja, baixa disponibilidade hídrica e nutricional, esses acessos demonstraram uma resiliência satisfatória para sua sobrevivência, possivelmente devido a características relativa à perenidade das plantas como tolerância a estresses, através da capacidade de rebrota (Souza et al., 2016; Costa et al., 2004).

Os desvios padrões das médias das características para alguns acessos foram elevados (a exemplo da matéria verde em PNO1, PNO2, CE5, CE9, PRO1) possivelmente devido a influências de alguns elementos climáticos (excesso de radiação, ventos fortes) afetando na



precisão das leituras bem como a diferença entre acessos. Contudo, por se tratar de uma adequação de metodologia, foi importante para se perceber os fatores que interferem na acurácia da obtenção das leituras e aplicação da técnica em futuras avaliações.

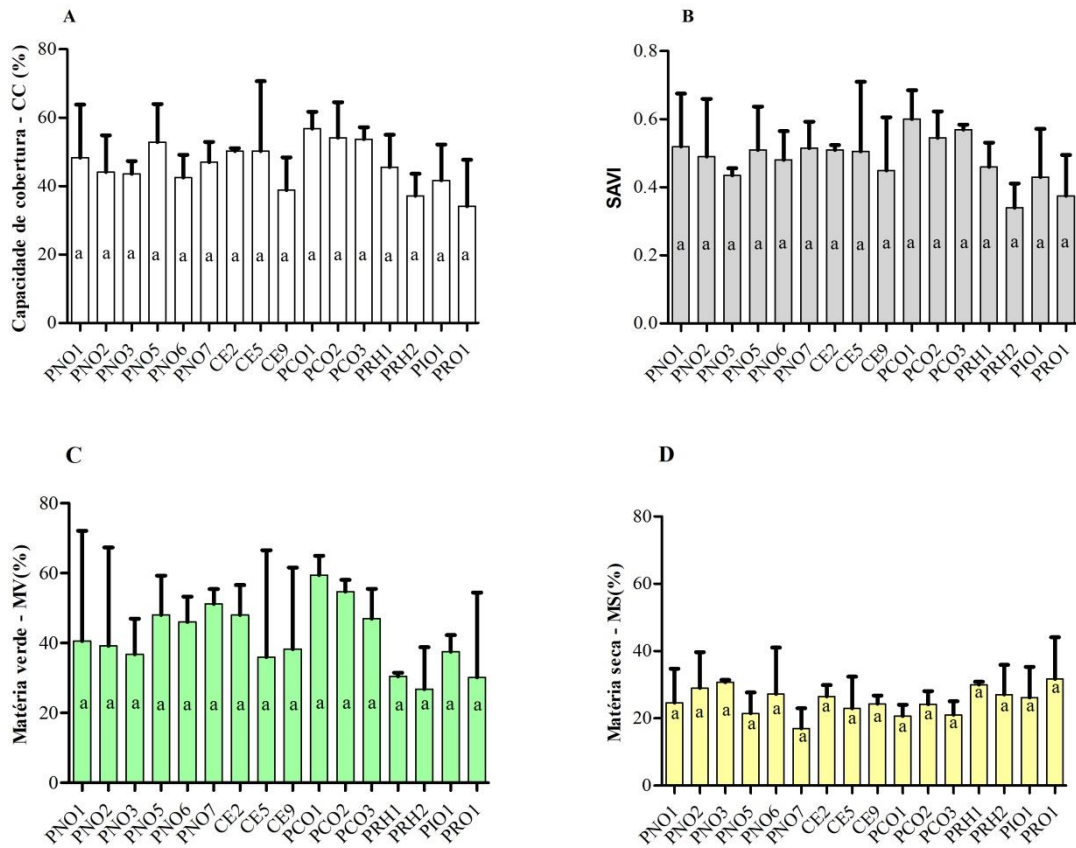


Figura 2. Médias das variáveis observadas para Índice de vegetação SAVI em acessos de *Paspalum* spp: A - capacidade de cobertura (CC - %); B - índice de vegetação ajustado para correção dos efeitos do solo (SAVI); C - matéria verde (MV-%) e D - matéria seca (MS). Barras verticais representam os desvios padrões das estimativas de médias. Comparadas pelo teste de tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pela mesma letra minúsculas constituem grupo estatisticamente homogêneo.

Ao comparar as avaliações realizadas aos 350 e 365 DAP foi observado que aos 350 DAP ocorreu os maiores percentuais com médias de CC (52,65%); SAVI (0,55) e MV (50,62%) e menores de MS (19,61%) e aos 365 DAP esse comportamento foi inverso com CC (39,90 %); SAVI (0,41%); MV (33,11%) e MS (31,46%) (Figura 3), como observado, por exemplo, no acesso CE5 (Figura 4).

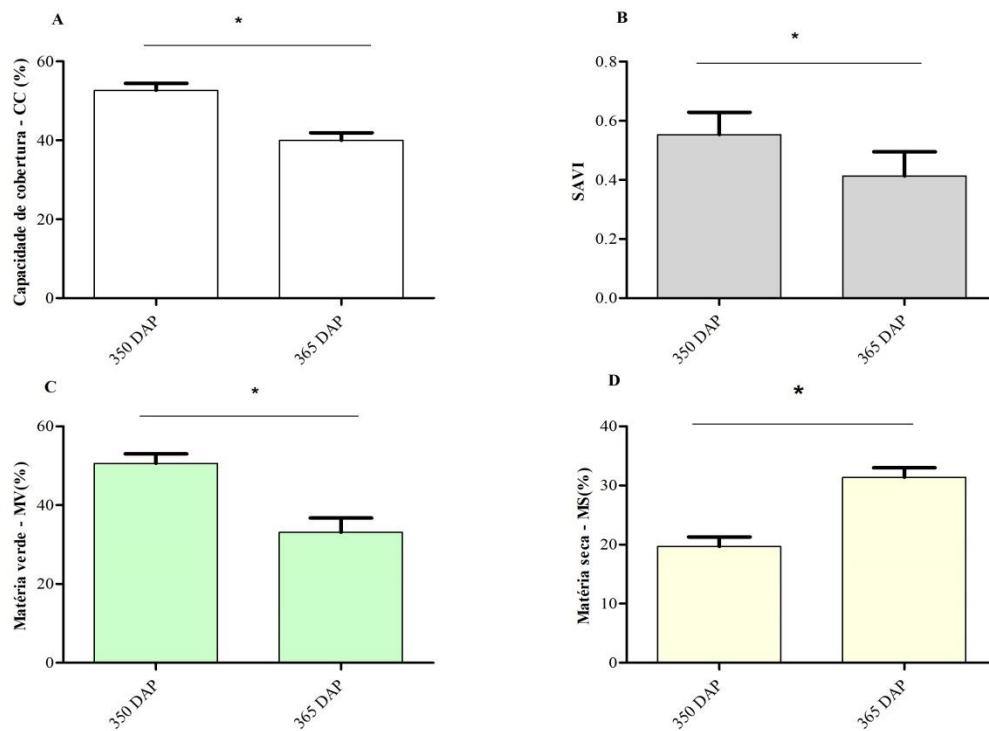


Figura 3. Médias pareadas dos acessos de *Paspalum* spp. nas avaliações realizadas aos 350 e 365 DAP. A - Capacidade de cobertura (CC- %); B - índice de vegetação ajustado para correção dos efeitos do solo (SAVI); C - matéria verde (MV-%) e D - matéria seca (MS-%).

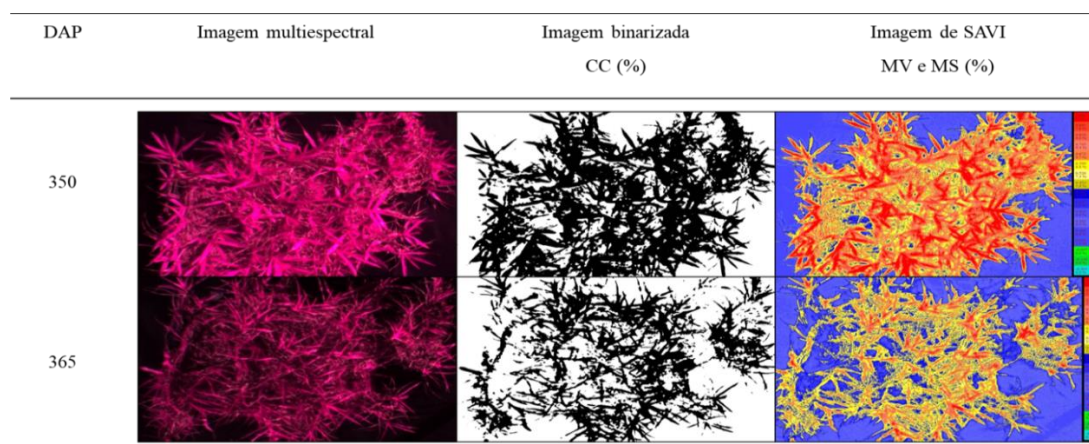


Figura 4. Comportamento entre as avaliações do acesso de *Paspalum* spp. CE5 aos 350 e aos 365 DAP.

Esse comportamento pode ter sido influenciado pela precipitação pluviométrica ocorrida entre as avaliações. Foi possível observar que nos 15 dias que antecederam a primeira coleta aos 350 DAP (23/05/2019), ocorreram (116,70 mm) de chuvas e uma melhor distribuição de chuvas, enquanto que nos 15 dias que antecederam a segunda coleta aos 365 DAP (07/06/2019), ocorreram (218,70 mm) e maior concentração de chuvas, principalmente para o dia 29 de maio de 2019 (Figura 5). Observou-se que nos dias de chuvas intensas as

bandejas ficaram inundadas por um período de tempo, demonstrando uma deficiência de drenagem, possivelmente devido o solo ser argiloso e pelo tempo que permaneceu no campo, estava compactado.

Após esse período as plantas apresentaram algumas folhas amareladas que depois senesceram produzindo matéria seca, reduziram a cobertura do solo, como também os valores de SAVI (Figura 3). Conforme Pesck (2017) isso pode acontecer, pois o período inverno por ocasião das chuvas pode ocorrer queda das folhas e redução da atividade fotossintética influenciando os valores de SAVI e de cobertura do solo. Segundo Wachowicz e Carvalho (2002), quando as plantas são submetidas a este tipo de estresse hídrico (inundação da bandeja afetando a aeração do solo), podem acontecer alguns distúrbios fisiológicos, desencadeando mecanismos de sobrevivência, para reduzir o gasto energético e acumular reservas para os processos vitais da planta, considerando que as taxas fotossintéticas foram afetadas, possivelmente, pela ausência de aeração adequada, surgindo então clorose, amarelecimento, quebra das moléculas de clorofila. De acordo com Souza et al 2016, em gramados, a cobertura do solo pode ser condicionada também por estresses eventuais.

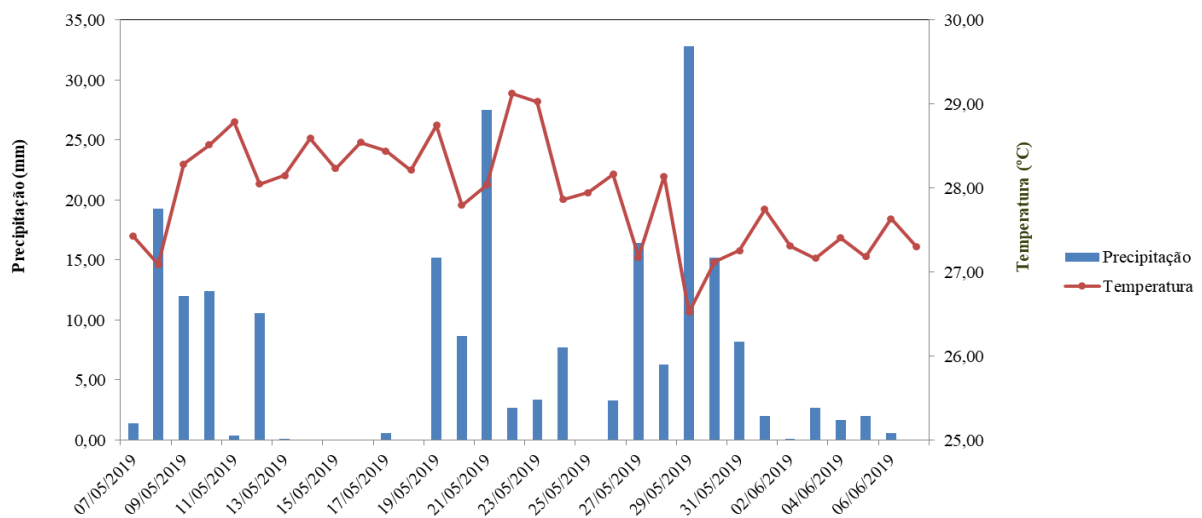


Figura 5. Climatologia de Precipitação e Temperatura de 07 de maio a 07 de junho de 2019 (UFRPE, 2019).

O índice de vegetação SAVI apresentou alta relação com a capacidade de cobertura, sendo possível observar coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,84$ ), demonstrando que quanto maiores foram os percentuais de SAVI maiores foram CC, expressando uma relação direta destas duas variáveis (Figura 6). Gameiro et al (2016) ao estimar área de cobertura através do índice SAVI, relata que o fato desse índice eliminar os efeitos do solo faz com que tenhamos uma visão mais real da situação da área estudada, estando adequado para avaliação de área de

cobertura vegetal. A capacidade de cobertura é uma característica de grande relevância a ser avaliada na seleção de gramas para telhados verdes, pois corresponde a capacidade de recobrimento protetivo do solo, a principal função que um gramado deve desempenhar, é influenciada por fatores climáticos como também por condições do solo, seu valor médio influencia diretamente o equilíbrio térmico da cobertura vegetal (Souza et al., 2016; Ferrante et al., 2016).

Para a relação da MV com SAVI observou-se um coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,73$ ) (Figura 6). Este elevado coeficiente demonstra que existe uma relação direta entre as características e podendo o SAVI ser utilizado para estimativa de cobertura verde, e permite inferências sobre a atividade fotossintética. Conforme Sousa et al (2015) isto é possível devido a relação desse índice com a clorofila, logo, maiores percentuais de MV, resultam de maiores teores de clorofilas e consequentemente maior atividade fotossintética. A clorofila em uma planta saudável absorve a maior parte da luz vermelha visível, e a estrutura da planta reflete mais luz infravermelha. Isso significa que a alta atividade fotossintética, comumente associada à uma vegetação mais densa, terá menos refletância na faixa vermelha e maior refletância na faixa do infravermelho próximo, expressando assim a resposta da planta às condições adversas do ambiente (EOS, 2019).

Entre a variável MS e SAVI o coeficiente de determinação foi ( $R^2 = 0,56$ ) (Figura 6) expressou uma relação inversa, onde maiores valores de SAVI foram relacionados com menores valores de MS e vice-versa. Elevados percentuais de matéria seca implica menor presença de clorofila, logo menores valores de SAVI, devido a alteração no comportamento da vegetação pela ausência ou redução de pigmentos, passando a ter alta refletância na região do visível. Na seleção de plantas para uso em telhados a produção de matéria seca é uma característica importante por estar relacionada com a necessidade de manutenção (Souza et al., 2016). E redução da qualidade visual.

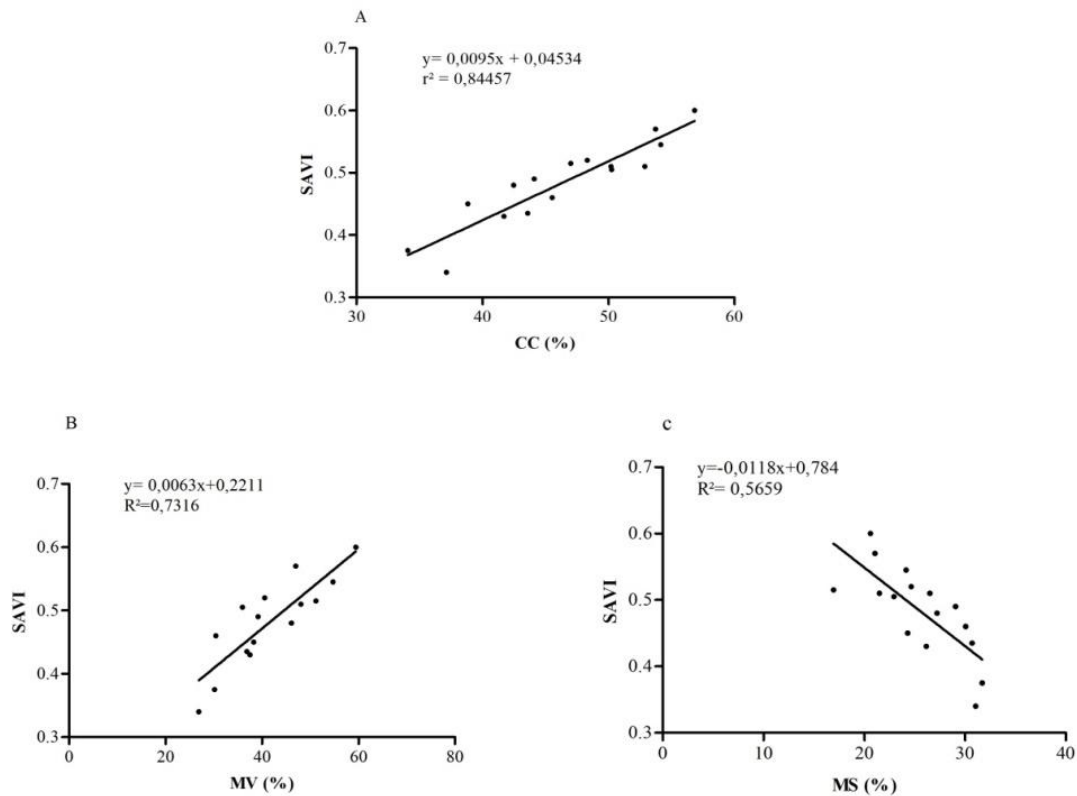


Figura 6. Análise de regressão linear. A – (SAVI e CC%); B – (SAVI e MV%); C – (SAVI e MS%).

### 3.2 Termometria e Termografia foliar e dossel

Os resultados da caracterização meteorológica (Figura 7) baseada no dia da realização das análises demonstram que a temperatura do ar mínima foi 21,44 °C, às 06h am, enquanto a máxima foi de 32,64 °C, por volta das 15h pm, contrastando com os valores de umidade relativa, que variaram entre 92% e 56% (Figura 6A). As condições de Tar e UR resultaram no déficit de pressão de vapor (DPV) crescente a partir do início da manhã até alcançar valor máximo de 2,08 kPa por volta das 11h am (Figura 7B). A velocidade do vento também é um condicionante dos fatores de estresse, contudo ficou inferior a 1,0 ms<sup>-1</sup> durante todo o do dia, entre ventos calmos e médios (Figura 7C). Neste dia a disponibilidade de radiação solar (Figura 7D), com valor máximo em torno de 513 W/m<sup>2</sup>, ocorrendo próximo ao meio dia local.

Esses valores possivelmente influenciaram as temperaturas foliares e de dossel, considerando que a maior parte das análises foi realizada em períodos de elevada temperatura do ar, radiação, déficit de pressão de vapor e velocidade do vento e menor umidade relativa, caracterizando períodos mais quente e seco, ou seja, períodos de maior estresse para planta. De acordo com Yu et al (2015), esses fatores influenciam a temperatura da folha.

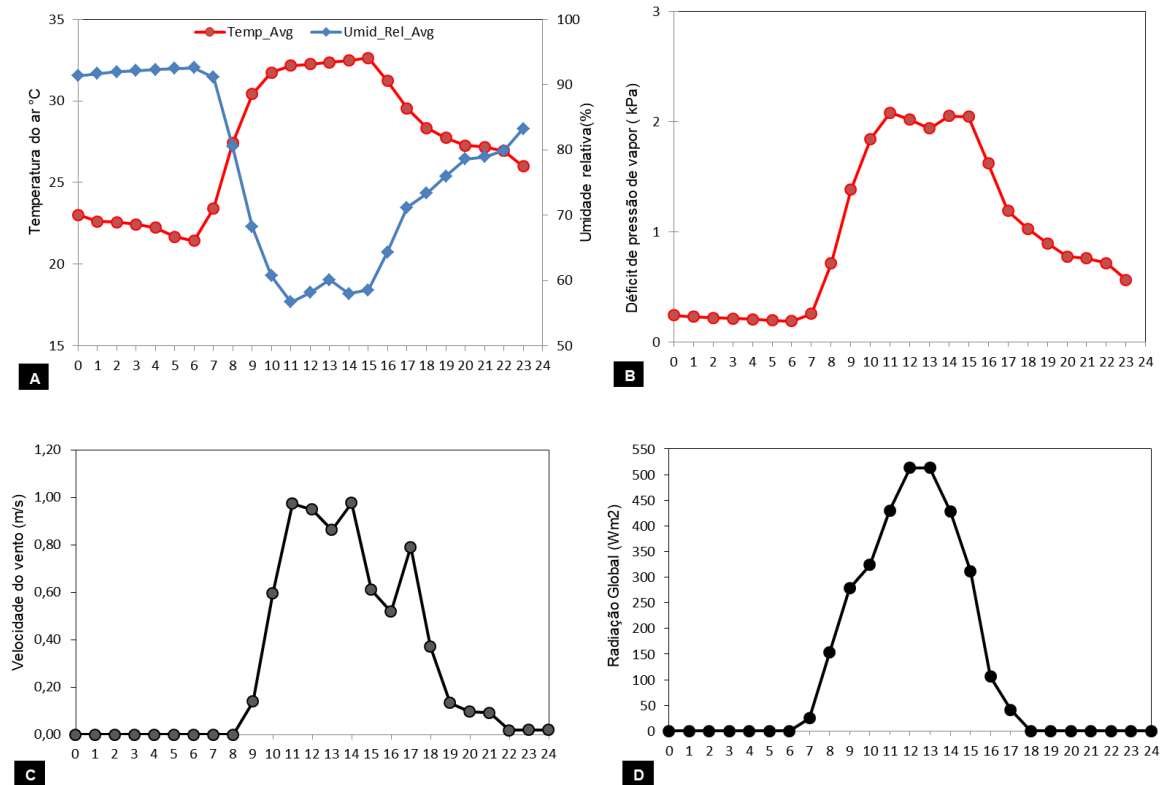


Figura 7. Caracterização meteorológica da área de estudo em Recife-PE para o dia 07 de junho de 2019. temperatura e umidade relativa do ar(A); déficit de pressão de vapor(B); velocidade do vento (C) e radiação solar incidente (D) (UFRPE, 2019).

De acordo com análise de variância não houve diferença significativa entre acessos para temperatura foliar em ambas as técnicas. Na termometria foliar (TMF) as médias variaram de (30,38 a 36,01 °C). Na termografia foliar (TGF) as médias variaram de (31,44 a 35,57 °C) (Figura 8). A temperatura do ar variou de 22,44 a 32,64 °C, o fato das temperaturas foliares terem variado em faixas mais altas que a do ar, expressão que estas plantas possivelmente estavam sob condição de déficit hídrico, considerando que a temperatura foliar é o primeiro mecanismo de defesa da planta na redução de perda de água, através do controle de abertura e fechamento estomático, indicando a influência do déficit hídrico no processo de dissipação térmica por meio da transpiração (Sousa et al., 2014; 2015). Contudo estes resultados demonstram que temperaturas foliares em faixas maiores que a temperatura do ar, indica que os acessos se apresentaram tolerantes ao déficit. A temperatura foliar pode ser considerada como um índice de tolerância à seca (Yu et al., 2015).

Para a termometria dossel não houve diferença significativa entre os acessos, onde as médias de dossel variaram de (31,43 a 35,56 °C). Entretanto para a termografia dossel observou-se diferença significativa entre os acessos, onde os acessos de crescimento prostrado

apresentaram maiores temperatura de dossel (34,75 a 38,3 °C) e os acessos de tufo menores (31,4 a 33,5 °C) (Figura 8). A altura da planta e a densidade do dossel podem ser indicadores dos serviços ecossistêmicos de um telhado verde (Lundholm et al., 2015). Desta forma os acessos de tufo por apresentar maior porte e maior densidade, podem contribuir para minimizar as temperaturas sobre a cobertura.

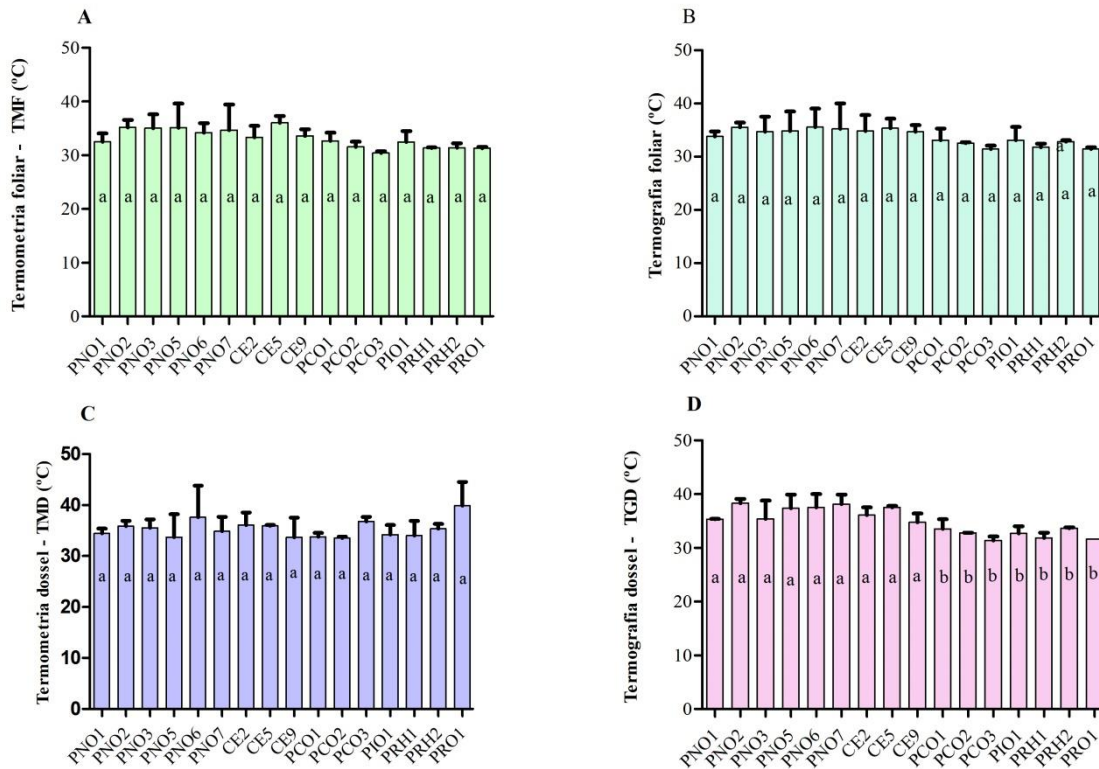


Figura 8. Termometria foliar – TMF (A); Termografia foliar (B) - TGF; Termometria dossel(C) – TMD; Termografia dossel – TGD (D).

A análise de regressão demonstrou altos coeficientes de determinação ( $R^2= 0,85$ ) entre as técnicas para medição de temperatura foliar e para medição de temperatura de dossel ( $R^2=0,91$ ) (Figura 9).

Estes resultados demonstram que tanto o termômetro como a câmera termográfica podem ser utilizados para estas finalidades de pesquisa. Contudo vale salientar, que a termometria se apresenta mais viável, pela facilidade de aquisição e pelo menor custo do termômetro de infravermelho, contudo demanda mais mão de obra. A termografia apresenta maior custo, entretanto possibilita que a imagem seja armazenada para análises posteriores, podendo ser

avaliada quando e quantas vezes o pesquisador desejar, com menor necessidade de mão de obra para a execução das leituras.

Esses resultados corroboram com Hackl et al (2012) que realizando uma comparação entre as técnicas de termografia e a termometria infravermelha verificou que ambas são compatíveis, rápidas e fáceis de aplicar, seja na condição de campo ou estufa. As técnicas avaliadas configuram-se como não destrutivas, por preservar o material, além disso, proporcionam resultados mais rápidos, fatores de extrema importância na caracterização de plantas para o melhoramento genético de plantas.

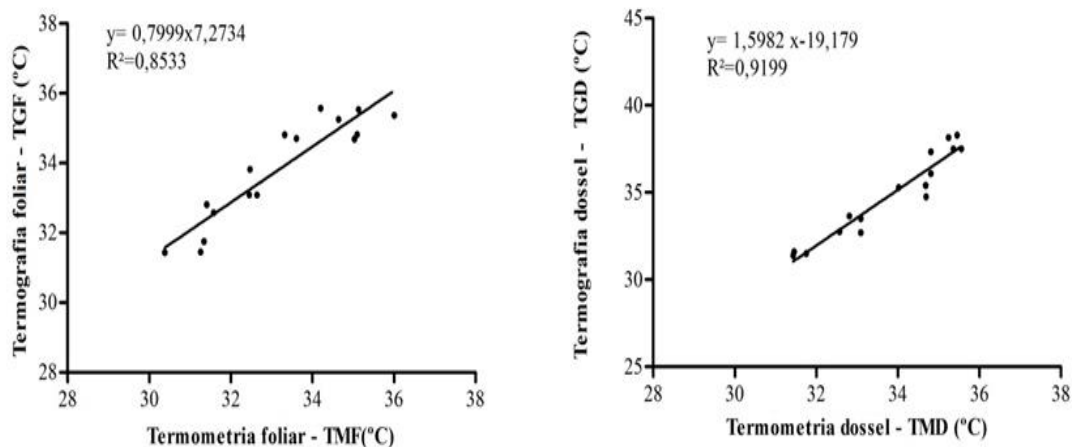


Figura 9. Análise de regressão relacionando as técnicas de termometria e termografia foliar e dossel.

O grau de estresse diário (Figura 10) a partir da termometria foliar demonstrou que os acessos se apresentaram mais estressados no período da manhã (08h às 11h am), possivelmente porque de acordo com a caracterização meteorológica, nesse período ocorreram maiores temperaturas e fluxo de energia, logo as plantas estavam mais estressadas apresentando diferenças positivas de  $(T_f - T_{ar})$ , indicando maior controle estomático e possivelmente e tolerância ao déficit hídrico. No período da tarde (13h às 16h pm) com exceção dos acessos de PNO5 e PNO7, os acessos se apresentaram menos estressados, com diferenças negativas de  $(T_f - T_{ar})$  para alguns acessos, indicando menor déficit por ocorrência de menor estresse, devido à menor temperatura e menor fluxo de energia. Estes resultados corroboram com Pires et al (2015), em seus estudos experimentais observaram que no período da manhã as plantas também se apresentaram mais estressadas do que no período da tarde, de 13 às 16 h pm.



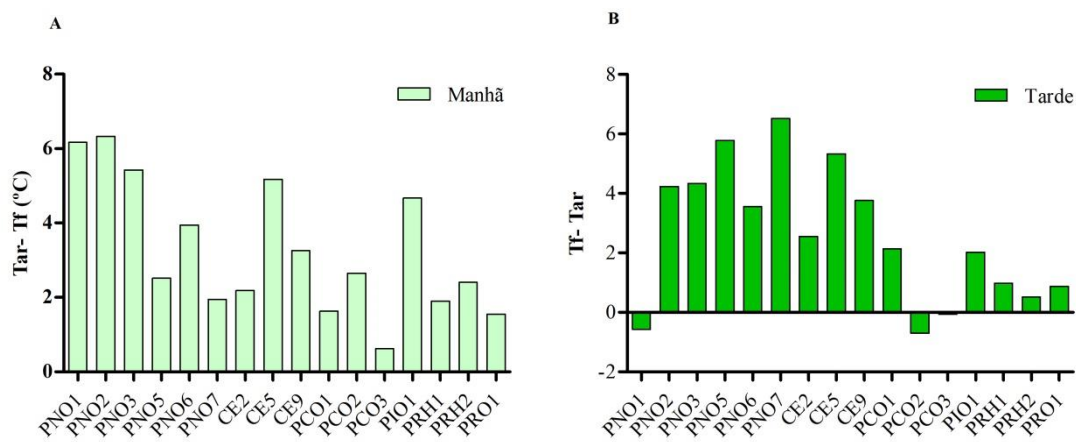


Figura 10. Diferença de temperatura entre a folha e o ar (Tf-Tar) para 16 acessos de *Paspalum* para o dia 07 de junho de 2019, em Recife- PE.

Os acessos com hábito de crescimento ereto ou tipo tufo (Figura 11J a 11P) demonstraram menores temperaturas de dossel, possivelmente por apresentarem maior densidade de dossel. Dosséis mais densos tendem a dar um efeito de sombreamento mais eficaz na camada do substrato, fazendo uma camada de impedimento do ar acima do dossel mais quente com o ar abaixo dele mais frio, por conseguinte, proporcionar um melhor efeito de arrefecimento (Krebs et al., 2017). Portanto, em uma condição de telhado verde extensivo, o plantio destes acessos acarretaria locais com temperaturas mais amenas, possivelmente oferecendo um maior conforto térmico.

Vale salientar a importância cobertura da vegetação, pois é possível observar na Figura 11, conforme a escala de cores e temperatura, que regiões de solo exposto com coloração amarelo e lilás, assim como o revestimento de paralelepípedo com coloração amarelo apresentaram temperaturas entre  $54,9 > ^\circ\text{C} > 33,7$  indicando regiões mais quentes com temperaturas mais elevadas. Este tipo de avaliação através de imagens termográficas tem sido utilizado para avaliar desempenho térmico de telhados verdes extensivos, indicando regiões de temperaturas mais amenas em áreas vegetadas, evidenciando a contribuição dos telhados verdes em áreas urbanas (Liz et al., 2018; Ungreen, 2019).

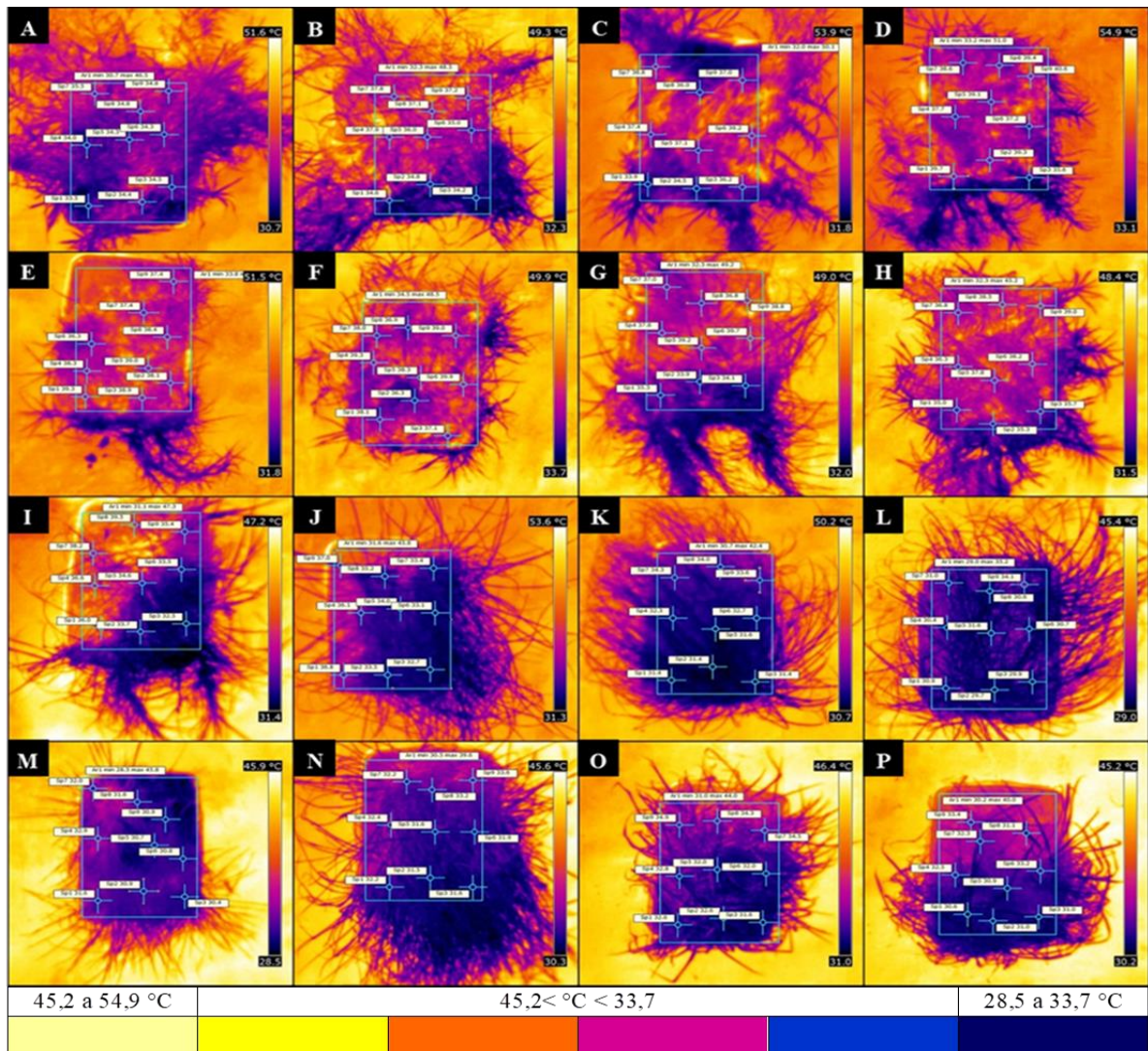


Figura 11. Fotos térmicas e escala de cores referentes a temperaturas do dossel dos 16 acessos de *Paspalum* spp. realizadas no dia 07 de junho de 2019, no período das 13h às 16h pm: PNO1(A); PNO2 (B); PNO3 (C); PNO5 (D); PNO6 (E); PNO7 (F); CE2 (G); CE5 (H); CE9 (I); PCO1 (J); PCO2 (K); PCO3 (L); PIO1 (M); PRH1 (N); PRH2 (O); PRO1 (P).

#### 4. Conclusão

O índice SAVI pode ser utilizado para estimativa da capacidade de cobertura (CC), e ainda possibilita pormenorizar essa característica identificando o quanto dessa cobertura é de matéria verde (MV%) e o quanto é matéria seca (MS%), características de grande relevância na seleção de gramados para telhados por estarem associadas a aspectos de estabelecimento, persistência, resiliência e resistência de gramados.

As temperaturas foliares e de dossel podem ser utilizadas como indicativo de déficit hídrico em acessos de *Paspalum*, utilizando tanto o termômetro de infravermelho, cujo equipamento é mais acessível, quanto à câmera termográfica. As temperaturas de dossel também podem ser utilizadas para avaliar o desempenho térmico de telhados verdes, isto é, a

capacidade destes telhados de exercer sua funcionalidade de amenizar a temperatura sobre a cobertura, minimizando a temperatura dos ambientes, logo os acessos de crescimento ereto (tufo) demonstraram possivelmente propiciar melhor conforto térmico.

Em relação ao estado hídrico das plantas e do solo, o qual integra vários elementos meteorológicos para estabelecer a tolerância ao estresse hídrico, recomendamos que mais estudos sejam realizados para a seleção de acessos de *Paspalum* para uso em telhados verdes sujeitos ao estresse hídrico.

## 6. Referências

- Amorim, M. C. D. C. T. (2019). Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. *Revista Brasileira de Climatologia*.
- Carvalho, I. D. E., Ferreira, P. V., Pereira, M. G., da Silva Neto, J. V., da Silva Júnior, A.B., dos Santos Ferreira, D., & Pereira, C. C. A. (2019). Evaluation of Melon Plant Grown in Saline Environment. *Journal of Experimental Agriculture International*, 1-14.
- Costa, A. P. L. (2020). Fenotipagem de precisão na cultura do amendoim para detecção de déficit hídrico. *South American Sciences ISSN 2675-7222*, 1(2), e2064-e2064.
- Costa, N. D. L., Magalhães, J. A., Townsend, C. R., & Paulino, V. T. (2004). Fisiologia e manejo de plantas forrageiras. *Embrapa Rondônia-Documentos (INFOTECA-E)*.
- Universidade Federal Rural de Pernambuco. Estação de Agricultura Irrigada Prof. Ronaldo Freire de Moura (2019). Recife. 2019.
- EOS – EARTH OBSERVING SYSTEM. NDVI FAQ: All you need to know about NDVI. 2019. Disponível em: <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>. Acesso em: 15 mai. 2020.
- Ferrante, P., La Gennusa, M., Peri, G., Rizzo, G., & Scaccianoce, G. (2016). Vegetation growth parameters and leaf temperature: Experimental results from a six plots green roofs' system. *Energy*, 115, 1723-1732.
- Ferreira, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras: Editora UFLA. v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542011000600001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001). Acesso em: 03 de Ago. 2019.
- Fritsche-Neto, R., & Borém, A. (Eds.). (2015). *Fenômica: como a fenotipagem de próxima geração está revolucionando o melhoramento de plantas*. Editora UFV.
- Gameiro, S., Teixeira, C. P. B., Silva Neto, T. A., Lopes, M. F. L., Duarte, C. R., Souto, M. V. S., & Zimback, C. R. L. (2016). Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na Sub-Bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. *Terræ*, 15-22.

- Golzarian, M. R., & Frick, R. A. (2011). Classification of images of wheat, ryegrass and brome grass species at early growth stages using principal component analysis. *Plant Methods*, 7(1), 1-11.
- Hackl, H., Baresel, JP, Mistele, B., Hu, Y., & Schmidhalter, U. (2012). Uma comparação das temperaturas da planta medidas por imagem térmica e termometria infravermelha. *Journal of agronomy and crop science*, 198 (6), 415-429
- Huete, AR (1988). Um índice de vegetação ajustado ao solo (SAVI). *Sensoriamento remoto do ambiente*, 25 (3), 295-309.
- Koyama, T., Yoshinaga, M., Hayashi, H., Maeda, K. I., & Yamauchi, A. (2013). Identification of key plant traits contributing to the cooling effects of green façades using freestanding walls. *Building and Environment*, 66, 96-103.
- Krebs, L., Johansson, E., Krebs, C., Fedrizzi, B., & Grala da Cunha, E. (2017). Influence of extensive green roofs to the local microclimate: Cooling assessment for a social housing project in the South of Brazil. *Proceedings of PLEA 2017 Edinburg: Design to thrive*, 2, 2880-2887.
- Li, L., Zhang, Q., & Huang, D. (2014). A review of imaging techniques for plant phenotyping. *Sensors*, 14(11), 20078-20111.
- Liz, D. S., Ordenes, M., Guths, S. (2018) Análise experimental do comportamento término do telhado verde extensivo para Florianópolis. *Revista Oculum Ensaios*, 15(2). 315-333.
- Lundholm, J., Tran, S., & Gebert, L. (2015). Plant functional traits predict green roof ecosystem services. *Environmental science & technology*, 49(4), 2366-2374.
- Martínez, J., Egea, G., Agüera, J., & Pérez-Ruiz, M. (2017). A cost-effective canopy temperature measurement system for precision agriculture: a case study on sugar beet. *Precision Agriculture*, 18(1), 95-110.
- Matsuda, O., Tanaka, A., Fujita, T., & Iba, K. (2012). Hyperspectral imaging techniques for rapid identification of Arabidopsis mutants with altered leaf pigment status. *Plant and Cell Physiology*, 53(6), 1154-1170.
- Monteiro, M. V., Blanuša, T., Verhoef, A., Richardson, M., Hadley, P., & Cameron, R. W. F. (2017). Functional green roofs: Importance of plant choice in maximising summertime environmental cooling and substrate insulation potential. *Energy and buildings*, 141, 56-68.
- Pesck, A. Uso de NDVI e SAVI para Caracterização da Cobertura da Terra e Análise Temporal em Imagens RapidEye. (2017). *Revista ESPACIOS*, 38 (36), 7-21.
- Pires, W. N., de Moura, M. S. B., AIDAR, S. D. T., & de Souza, L. S. B. (2015). Temperatura foliar e do dossel como indicador de déficit hídrico em plantas da Caatinga: resultados iniciais. In *Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 4., 2015, Petrolina. Experiências e oportunidades para o desenvolvimento. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.
- Peng, J., Hu, Y., Dong, J., Liu, Q., & Liu, Y. (2020). Quantifying spatial morphology and connectivity of urban heat islands in a megacity: A radius approach. *Science of The Total Environment*, 714, 136792.

- Ponzoni, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.
- Silva, VS, Salami, G., da Silva, MIO, Silva, EA, Monteiro Junior, JJ, & Alba, E. (2020). Avaliação metodológica de índices de vegetação na classificação de uso e cobertura da terra (LULC). *Geology, Ecology, and Landscapes*, 4 (2), 159-169.
- Silveira, L. P., Piuzana, D., Pereira, I. M., M. L. R., & Santos, J. B. (2016). Estimativa da cobertura de gramíneas invasoras em área degradada de cerrado por meio do Software Imagej. *Revista ESPACIOS/ Vol. 37 (Nº 31) Año 2016*.
- Simões, C. R., Rossiello, R. O. P., Graciosa, M. G., Machado, M. L., & Silva, C. F. D. (2015). Imagens multiespectrais para avaliação de índice de área foliar e massa seca do capim Tifton 85', sob adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, 45(4), 697-703.
- Sousa, C. A. F. (2014). Fenotipagem de plantas: uma nova abordagem para um velho problema. *Embrapa Agroenergia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*.
- Sousa, C. A. F., da Cunha, B. A. D. B., Martins, P. K., Correa, H. B., Molinari, A. K. K., & Júnior, M. T. S. (2015). Nova abordagem para a fenotipagem de plantas: conceitos, ferramentas e perspectivas. *Rev. Bras. Geogr. Física*, 8(IV SMUD), 660-672.
- Souza, F. H. D., Gusmão, M. R., Matta, F. D. P., Castro, A. C. R., Mittelman, A., Fávero, A. P., & Jank, L. (2016). Atributos desejáveis para gramados a serem cultivados sob condições brasileiras: uma proposta *Ornamental Horticulture*. 22, (2) p. 154-165. 2016.
- Souza, F. H. D. (2013). Os gramados e a forração vegetal permanente de superfícies de solo: exemplo de oportunidades perdidas?. In *Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 19.; CONGRESSO BRASILEIRO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS, 6., 2013, Recife. Palestra... Recife: UFRPE, 2013..
- Souza, H. B., Baio, F. H., & Neves, D. C. (2017). Using passive and active multispectral sensors on the correlation with the phenological indices of cotton. *Engenharia Agrícola*, 37(4), 782-789.
- Tattaris, M., Reynolds, M. P., & Chapman, S. C. (2016). A direct comparison of remote sensing approaches for high-throughput phenotyping in plant breeding. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1131.
- Tan, P. Y., & Sia, A. (2009). Understanding the performance of plants on non-irrigated green roofs in Singapore using a biomass yield approach. *Nature in Singapore*, 2, 149-153.
- UNGREEN.(2020). Grandes Economias Financeiras e Humanas. Recuperado em 30 de janeiro de 2020 de <https://www.ugreen.com.br/telhado-verde/>.
- Wachowicz, C. M., & de Carvalho, R. I. N. (2002). *Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita*. Champagnat.
- White, J. W., Andrade-Sanchez, P., Gore, M. A., Bronson, K. F., Coffelt, T. A., Conley, M. M., ... & Wang, G. (2012). Field-based phenomics for plant genetics research. *Field Crops Research*, 133, 101-112..

Yu, L., Wang, W., Zhang, X., & Zheng, W. (2015, September). A review on leaf temperature sensor: Measurement methods and application. In *International conference on computer and computing technologies in agriculture* (pp. 216-230). Springer, Cham.

#### ANEXO A - Resumo das análises de variâncias do Capítulo II

Resumo das análises de variâncias quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV %) para as características de taxa de pegamento (TAP %) 30 (DAP) e taxa de persistência (TPER %) 180 DAP.

F.V.	GL	QM	
		TAP	TPER
Bloco	3	12.664208	3.749941*
Acessos	15	27.716523 <sup>ns</sup>	3.875554*
Resíduo a	45	20.383344	1.010273
Avaliações	3	64.768376 **	8.588256*
Ace x Ava	45	23.085041*	0.800702*
Resíduo b	144	14.111546	0.482740
Total	255	-	-
C.V 1	-	4.5414	10.50
C.V 2	-	3.7787	7.26

Diferença significativa a 1% (\*\*) e 5% (\*) de probabilidade pelo teste de agrupamento de média Scott Knott (1974).

Resumo das análises de variâncias quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV %) para as características capacidade de cobertura (CC%) 365 (DAP).

F.V.	GL	QM
		CC %
Bloco	3	2.258224 <sup>ns</sup>
Acessos	15	28.237591*
Resíduo	45	27.004759
Total	63	-
C.V (%)	-	10.19

Diferença significativa a 5% (\*) de probabilidade pelo teste de agrupamento de média Scott Knott (1974).

Resumo da análise de variância quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV %) para a variável altura (ALT- cm). Recife-PE, UFRPE, 2019.

F.V.	GL	QM
		ALT (cm)
Bloco	3	1335.98489
Acessos	15	11739.775411 **
Resíduo a	45	379.400103

Avaliações	47	1323.737897 **
Ace x Ava	45	53.263728 **
Resíduo b	144	8.674124
Total	255	-
C.V 1	-	121.0321
C.V 2	-	18.3006

Diferença significativa a 1% (\*\*) de probabilidade pelo teste de agrupamento de média Scott Knott (1974).

Resumo das análises de variâncias quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV %) de biomassa fresca e seca da folha (BFF e BSF) radicular (BFR e BSR) e de rizomas (BFRZ e BSRZ) g/planta, dos acessos de crescimento prostrado.

F.V.	GL	QM					
		BFF	BSF	BFR	BSR	BFRZ	BSRZ
Bloco	3	384.554951	50.565529	111.125126	23.634299	352.675915	120.592892
Acessos	8	417.832238	42.462578	285.205609	42.693184	719.647817	125.473644
Resíduo	24	144.100822	17.261995	59.215082	14.309547	254.970596	45.490392
Total	35	-	-	-	-	-	-
C.V (%)	-	44.23	48.94	25.55	34.10	39.19	39.23

Diferença significativa a 5% (\*) de probabilidade pelo teste de agrupamento de média Scott Knott (1974).

Resumo das análises de variâncias, quadrados médios (QM) e coeficientes de variação (CV %) de biomassa fresca e seca da folha (BFF e BSF) e radicular (BFR e BSR) g/planta, dos acessos de tufo.

F.V.	GL	QM			
		BFF	BSF	BFR	BSR
Bloco	3	909.535100	191.415267	1724.596080	417.627070
Acessos	6	727.124612	174.121157	2914.199823	565.016995
Resíduo	18	385.507583	83.694122	718.807535	176.731262
Total	27	-	-	-	-
C.V (%)	-	38.25	44.83	58.52	66.87

Diferença significativa a 5% (\*) de probabilidade pelo teste de agrupamento de média Scott Knott (1974).

### ANEXO B – Resumos das análises de variâncias Capítulo III

Resumo das análises de variâncias, quadrados médios (QM) de Índice de vegetação ajustado ao solo SAVI e das estimativas de capacidade de cobertura (CC - %), matéria verde (MV - %) e matéria seca (MS - %).

F.V.	GL	QM			
		SAVI	CC	MV	MS
Acessos	15	0,158203	1289,431	2452,276	558,6153
Avaliações	1	0,009111*	85,97481*	169,8133*	36,97115*
Erro	15	0,00327	24,51589	138,4403	82,06865

Total	31	-	-	-	-
-------	----	---	---	---	---

---

Resumo das análises de variâncias, quadrados médios (QM) e coeficientes de Termometria foliar (TMF - °C); termografia foliar (TGF - °C) , Termometria dossel (TMD - °C) e Termografia dossel (TGD).

F.V.	GL	QM			
		TMF	TGF	TMD	TGD
Acessos	15	4.614593	5.881479	4.384483	11.856333
Erro	16	5.568481	16.084063	5.203806	4.893125
Total	31	-	-	-	-
C.V (%)	-	7.08	11.36	6,75	6.35