

Discriminação da Espécie Exótica Invasora *Capim Annoni* (*Eragrostis Plana*) por meio da Resposta Espectral na Unidade de Planejamento e Gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, Rio Grande do Sul

Thayse Cristiane Severo do Prado^{1,2}
Carlos Antonio Oliveira Vieira¹
Rudiney Soares Pereira³
Lilian Hahn Mariano da Rocha³

¹ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
88040-900 - Florianópolis - SC - Brasil
carlos.vieira@ufsc.br

² Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul
90020-021 - Porto Alegre - RS, Brasil
thayse-severo@sema.rs.gov.br

³ Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
97105-900 - Santa Maria - RS - Brasil
rudiney.s.pereira@gmail.com
lhrocha@yahoo.com

Abstract. Worldwide, exotic species play a important role to biodiversity, once numerous species are spreading uncontrollably and dominating different ecosystems, interfering in the balance of these areas, and even modifying the natural features of the landscape. Despite of all the studies, the distribution of *Annoni Grass* in large and continuous mapping units, as well as its quantification and the spatial advance that it has been presenting through the territory of Rio Grande do Sul are still unknown. Normally, to identify vegetation species in large mapping units, indirect estimates such as remote sensing techniques are used. However, identifying species requires not only indirect estimates, but also an analysis of the field data collected about the observed species that allows us to characterize them spectrally. Thus, to differentiate the spectral response of *Annoni Grass*, it was performed a spectroradiometry measurement of different species of grasses predominant in the Ibirapuitã Planning and Management Unit (UPG) of the Ibicuí River watershed, in the Southwest region of the State. The spectral response of the intermediate part of the leaves of the grasses was collected *in loco* under real conditions of the environment. After the statistical analysis, it was verified that in the visible and near infrared, i.e., wavelength from 500nm to 900nm, the possibilities of spectral separability of the *Annoni Grass* are higher in relation to the other species. Within this context, we conclude that along the wavelength there are significant differences in the spectral response of the *Annoni Grass* when compared with the analyzed species.

Keywords: spectroradiometry, remote sensing, grasses, statistics.

1. Introdução

Nas últimas décadas, o Estado do Rio Grande do Sul perdeu metade da sua superfície originalmente coberta pelos campos naturais para outros tipos de cobertura vegetal (Medeiros e Foch, 2007; Medeiros et al., 2009). Parte desta perda pode ser atribuída a espécies exóticas inseridas no Estado, que ao se caracterizarem como espécies exóticas invasoras e se disseminaram sem controle, ocasionam perdas ambientais e econômicas (Dusseux et al., 2014).

Em 23 de junho de 2009, no Estado do Rio Grande do Sul entrou em vigor a Lei Nº 13.187 que institui o Programa de Combate do *Capim Annoni* e em outubro de 2013, foi publicada a portaria 79 da Secretaria Estadual do Meio Ambiente, que destaca uma lista oficial de espécies exóticas invasoras existentes no estado. Nesta portaria a espécie *Eragrostis plana*, mais conhecida como *Capim Annoni*, tendo em vista suas características de espécie

invasora, é enquadrada em classe 1, que significa que esta espécie não pode ser produzida, doada ou comercializada (Rio Grande do Sul, 2009; Rio Grande do Sul, 2013).

As rápidas mudanças impressas na paisagem pelas ações do homem, principalmente na paisagem rural, fazem surgir novas discussões que envolvem a acelerada ocupação do espaço geográfico, aproveitamento dos recursos naturais disponíveis e degradação desse espaço por sua má utilização. Com estas discussões surgem também demandas de estudos específicos nesta área, que visam identificar causas de alguns problemas e ainda promover ações a fim de mitigá-las, de maneira rápida, eficiente e com possibilidade de baixos custos. É nesse contexto que a aplicação de dados de sensoriamento remoto a estudos da vegetação torna-se hoje indispensável para o planejamento dos recursos naturais e do meio ambiente como um todo (Blaschk et al., 2007).

O sensoriamento remoto é uma tecnologia de coleta automática de dados amplamente utilizada e mais bem sucedida para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres em grandes escalas, através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética com objetos na superfície da terra (Florenzano, 2011).

Para utilizar eficientemente dados provenientes de sensores orbitais, deve-se ter conhecimento prévio do comportamento espectral dos alvos da superfície terrestre, em como outros fatores podem interferir nesse comportamento. Ao se utilizar das informações extraídas de sensores, sem se ter o conhecimento do comportamento espectral dos alvos em estudo, corre-se o risco de desprezar faixas espectrais importantes para sua discriminação. Para tanto, a utilização de espectrômetros de campo é essencial para as análises de sensoriamento remoto, pois os mesmos fornecem a base teórica para o uso de sistemas aerotransportados ou orbitais (Novo, 2010).

O uso de espectrômetros imageadores de alta resolução espectral tem demonstrado eficiência na medição das características de absorção e reflectância da radiação fotossinteticamente ativa (Jensen, 2009; Ponzoni et al., 2014).

Assim, a forma que a curva espectral terá em cada uma destas regiões irá depender dos constituintes da folha (Ponzoni *et al.*, 2012). Já que a quantidade de energia eletromagnética que será refletida pela folha está diretamente relacionada aos constituintes específicos da planta, como: pigmentos, quantidade de água na folha, espaços que ocupados pela água e o ar, maturação ou idade da folha, posição nodal, condições de iluminação e estrutura celular da planta (Moreira, 2007).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar espectralmente amostras da espécie exótica invasora *Capim Annoni (Eragrostis Plana)* e de espécies de gramíneas identificadas na área estudada, analisando o comportamento das curvas de reflectância e transmitância, com o intuito de identificar quais faixas do espectro eletromagnético são mais propícias para discriminar o *Capim Annoni (Eragrostis Plana)* das demais espécies de gramíneas identificadas.

2. Descrição da Área de Estudo e Métodos

Esta análise tem como área de estudo a Unidade de Planejamento e Gestão (UPG) Ibirapuitã, da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, situada na região Sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1). Essa UPG localiza-se entre os paralelos 29°17'27" e 30°51'15" de latitude sul e os meridianos 55°07'47" e 56°12'40" de longitude oeste, e possui uma área de drenagem de 7.793 km², sendo que seu principal formador é o Rio Ibirapuitã (Figura 1). Possui intensa atividade pecuária, com 76 % de seu território coberto com campos com formações predominantemente herbáceas, independente do tipo de unidade fitoecológica (savana, estepe, savana-estépica).

Ao longo da UPG Ibirapuitã foram selecionadas 20 áreas de análise, sendo que para cada uma destas áreas foi definido um raio de 1 km (Figura 1), sendo que o critério de escolha das

áreas baseou-se no fato de que em todas as áreas houvesse a existência da gramínea exótica invasora *Capim Annoni* (*Eragrostis plana*) em três circunstâncias: área com o *Capim Annoni* homogêneo, área com o *Capim Annoni* misturado com outras espécies e área com o *Capim Annoni* manejado. Dentro deste perímetro foram identificadas sete espécies de gramíneas: *Andropogon lateralis nees*, *Digitaria ciliares*, *Digitaria sanguinalis*, *Paspalum notatum*, *Pennisetum setosum*, *Setaria parviflora* e *Sporobolus indicus*.

Vale ressaltar que de todas as espécies identificadas, somente o *Capim Annoni* (*Eragrostis plana*), possui características de exótica invasora. As gramíneas foram coletadas no período veranil de forma que as plantas apresentam estágios assemelhados de maturação fisiológica e encontram-se sob mesmas condições agronômicas, entretanto cultivadas sobre solos diferentes: Solos Litólicos eutróficos, Terra Roxa Estruturada eutrófica, Vertissolo, Planossolo eutrófico e Podzólico Vermelho-Escuro álico.

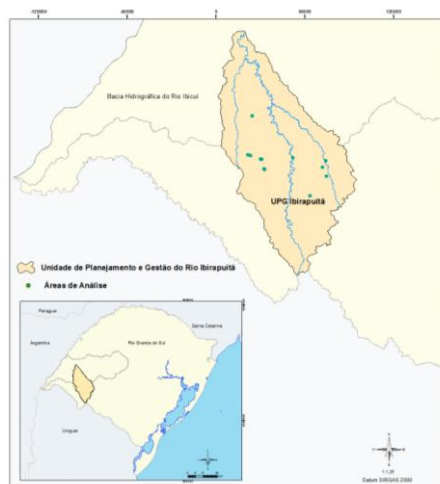


Figura 1. Unidade de Planejamento e Gestão Ibirapuitã da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí

O fator de reflectância bidirecional (FRB) é uma das grandezas radiométricas mais utilizadas para caracterizar o comportamento espectral dos alvos naturais e caracteriza-se pela quantidade relativa da radiação eletromagnética que é refletida por um alvo, em determinada condição geométrica de iluminação e visada (Ponzoni et al., 2012).

Assim, foram obtidas as medidas do FRB da face dorsal da folha de cada espécie identificadas no interior das áreas de análise. Na coleta, foram escolhidas as folhas que ficavam na porção intermediária touceiras, com o intuito de homogeneizar as amostras quanto aos estágios de desenvolvimento. Vale ressaltar que o fator de reflectância bidirecional das espécies identificadas foi adquirido *in loco*, com as condições reais do ambiente. As folhas foram cuidadosamente posicionadas para que apenas o limbo foliar permanecesse na ponta da pistola do espectrorradiômetro, evitando a nervura central das mesmas. As medidas obtidas constituem um conjunto de arquivos contendo o comprimento de onda na amplitude de 350nm a 2500nm e fator de reflectância correspondente para cada comprimento de onda. Para tanto, utilizou-se o espectrorradiômetro FieldSpec®3 do Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Santa Maria-RS (Núcleo de Desenvolvimento de Informações e Geotecnologias).

Para cada espécie de gramínea foram coletadas 30 amostras do fator de reflectância bidirecional que foram utilizadas para gerar as médias das curvas espectrais de cada espécie no *software* SAMS. A partir dos valores médios de reflectância foram geradas as subtrações da reflectância do *Capim Annoni* (*Eragrostis plana*) em relação às demais espécies identificadas.

Com o intuito de verificar se houveram contrastes consideráveis entre as médias das espécies de gramíneas investigadas e analisar quais foram significativamente diferentes, no *software* RStudio os resultados das médias foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste Tukey, ambos ao nível de significância de 5%. Para tanto, as análises foram elaboradas por regiões do Espectro de reflectância das folhas das espécies analisadas, levando em consideração ainda os intervalos de comprimento de onda de 550nm-680nm e 500nm-900nm, tendo em vista que os mesmos são amplamente utilizados para estudos de vegetação.

3. Resultados e Discussão

Analisando-se a resposta espectral obtida para cada uma das espécies de gramíneas, observa-se que as mesmas apresentam diferenças significativas na região do visível (350nm a 720 nm) e do infravermelho próximo (720nm a 1100nm) (Figura 2). Estas regiões indicam o teor de pigmento nas folhas e características relacionadas a sua estrutura celular. Na região espectral do visível nota-se que a maior parte desta radiação que incide sob as folhas das plantas é absorvida pelos seus pigmentos ocasionando pequenas variações na quantidade de energia refletida por cada planta. Já na região do infravermelho próximo há pouca absorção da radiação e um significativo espalhamento interno nas folhas e significativa diferença entre as espécies. Ainda, pode-se observar que na região do infravermelho médio (1100nm a 2500nm) ocorre maior reflectância. Observa-se também que quantidade de energia absorvida na região de 550nm a 670nm é relativamente baixa e possui moderada diferença entre as espécies. Analisando o comprimento de onda de 500nm a 900nm, utilizado para o cômputo de índices de vegetação, como o NDVI, percebe-se a ocorrência de acentuados valores de energia refletida e que os mesmos se diferem entre as espécies.

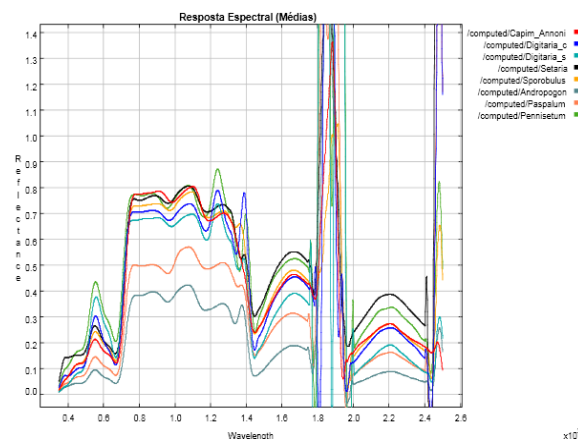


Figura 2. Resposta espectral das gramíneas com comprimento de onda entre 350nm a 2500 nm.

No que se refere ao *Capim Annoni* (*Eragrostis plana*), em vermelho na Figura 3, estas diferenças tornam-se mais evidentes ao se subtrair os valores de refletância do *Capim Annoni* das demais espécies envolvidas na análise. Assim, observa-se que quando os valores da resposta espectral das demais espécies se aproximam ou coincidem com 0 (Zero), maior é a igualdade entres os valores de reflectância do *Capim Annoni*.

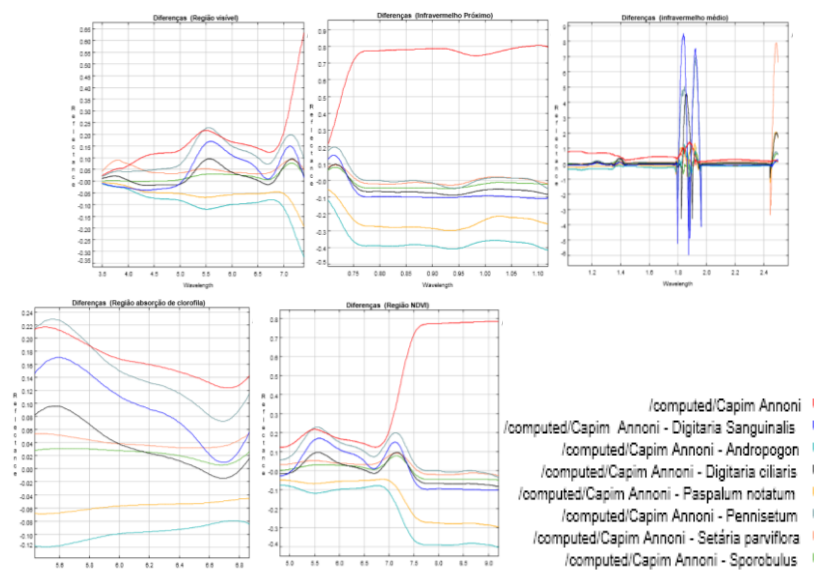


Figura 3. Resposta espectral com comprimento de onda entre 350nm a 2500nm, resultante da subtração dos valores de refletância do *Capim Annoni* em relação às demais espécies de gramíneas.

As diferenças na resposta espectral de cada espécie são reafirmadas ao se aplicar a análise da variância entre as espécies sob o comprimento de onda entre 350nm a 2500nm. De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que F calculado é significativamente maior que F crítico indicando que existem variações entre os valores de reflectância do grupo analisado, já o valor-P baixo, indica que as estas diferenças são significativas.

Tabela 1. Análise da Variância (ANOVA) para o comprimento de onda entre 350nm a 2500nm nas diferentes espécies de gramíneas.

Fonte da variação	Soma dos Quadrados	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	838,9084	7	119,8440513	26,26913	4,67E-36	2,010121

As diferenças também são nítidas ao se aplicar a análise da variância para a resposta espectral de cada espécie nos intervalos comprimentos de onda de 350nm-720nm, 720nm-1100nm, 1100nm-2500nm, 550nm-680nm e 500nm-900nm (Tabela 2). Com base nesta análise estatística, observa-se que as regiões do visível e do infravermelho próximo são as que apresentam diferenças acentuadas. Esta significativa diferença também é percebida nos intervalos de 550nm-680nm e 500nm-900nm, que estão contidos dentro das do visível e do infravermelho próximo.

Tabela 2. Análise da Variância (ANOVA) para intervalos de comprimento de onda entre as diferentes espécies de gramíneas.

Comprimento de onda (nm)	F	valor-P	F crítico
350 – 720	123,81633	5,31E-160	2,012671
720-1100	2903,36912	0,00E+00	2,01259
1100-2500	22,67324	1,01E-30	2,010405
550-680	296,0402362	1,94E-242	2,018368
500-900	65,84212622	5,56E-89	2,01244

A Figura 5 apresenta o diagrama de caixa construído a partir dos resultados do teste de comparação múltipla de médias obtidas para a resposta espectral de cada espécie nos mesmos intervalos comprimentos de onda. Conforme análise de variância, as regiões espectrais do visível e infravermelho próximo apresentaram maiores variações nas médias de refletância. Comparando as médias da Figura 5.I, representativa da região do visível, observa-se que com exceção da B, *Capim Annoni* (*Eragrostis plana*); e C, *Digitaria ciliares*, todas possuem diferenças consideráveis em sua média e valores próximos de 0 (Zero).

Apesar das gramíneas apresentarem maiores diferenças em suas médias na região do infravermelho próximo (Figura 5.II) com valores próximos a 0 (zero) e significativa diferença entre valores máximos e mínimos, as espécies *Digitaria ciliares* (C) e a *Digitaria sanguinalis* (D) apresentaram médias iguais, o que indica que as mesmas diferenciam-se das demais espécies, mas não entre elas. Nesta região a resposta espectral da média obtida para a exótica invasora *Capim Annoni* (B) demonstrou relevante diferença das demais.

A região do infravermelho médio (Figura 5.III) possui 4 (quatro) das 8 (oito) espécies analisadas com médias praticamente iguais, são elas: *Paspalum notatum* (E); *Pennisetum setosum* (F); *Setaria parviflora* (G), e *Sporobolus indicus* (H). As espécies *Digitaria ciliares* (C) e *Digitaria sanguinalis* (D) não possuem diferenças expressivas em suas médias. Nesta Região o *Capim Annoni* (B) apresentou média maior que as demais.

O intervalo de 550nm-680nm do comprimento de onda (Figura 5.IV), apesar de apresentar uma variância significativa, obteve médias altas e iguais para as espécies *Capim Annoni* (B) e *Digitaria ciliares* (C), impossibilitando a discriminação entre as mesmas.

Mesmo não apresentando a maior variância em relação aos demais intervalos espectrais, o intervalo 500nm-900nm do comprimento de onda (Figura 5.V), apresentou significativa capacidade em discriminar a resposta espectral das espécies, já que a mesma além de possuir valores mais próximos a 0 (zero) também apresenta valores de média diferenciado, com exceção das espécies *Digitaria sanguinalis* (D) e *Paspalum notatum* (E). No que se refere à espécie *Capim Annoni* (B), constata-se que, por possuir media diferente das demais bem como o valor de média baixo, a possibilidade de discriminá-la das demais espécies neste intervalo espectral é significativamente maior.

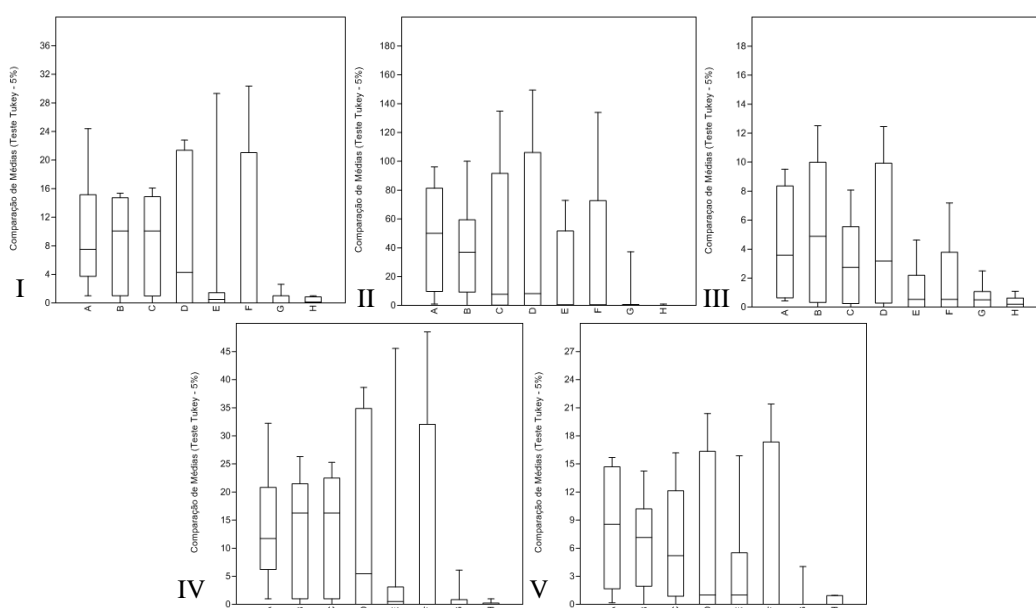


Figura 5. Diagrama de Caixa: Teste de Tukey para os intervalos de comprimento de onda: 350nm -720nm (I), 720nm-1100nm (II), 1100nm-2500nm (III), 550nm-680nm (IV) e 500nm-900nm (V); nas gramíneas - A, *Andropogon lateralis nees*; B, *Capim Annoni* (*Eragrostis*

plana); C, *Digitaria ciliares*; D, *Digitaria sanguinalis*; E, *Paspalum notatum*; F, *Pennisetum setosum*; G, *Setaria parviflora* e H, *Sporobolus indicus*

A Figura 6 apresenta a média calculada para as respostas espectrais de cada espécie de gramínea. Com base nessa imagem observa-se as nitidas diferenças nas respostas espectrais de cada espécie, evidenciado as baixas probabilidades em se diferenciar as espécies de gramíneas analisadas, em especial o *Capim Annoni*, na região do infravermelho médio. Ao analisar os demais intervalos que compreendem as regiões do visível e infravermelho próximo percebe-se, no comprimento de onda de 550nm e 850nm, significativa diferença na resposta espectral de cada espécie, o que aumenta a possibilidade de discriminar a resposta espectral do *Capim Annoni*.

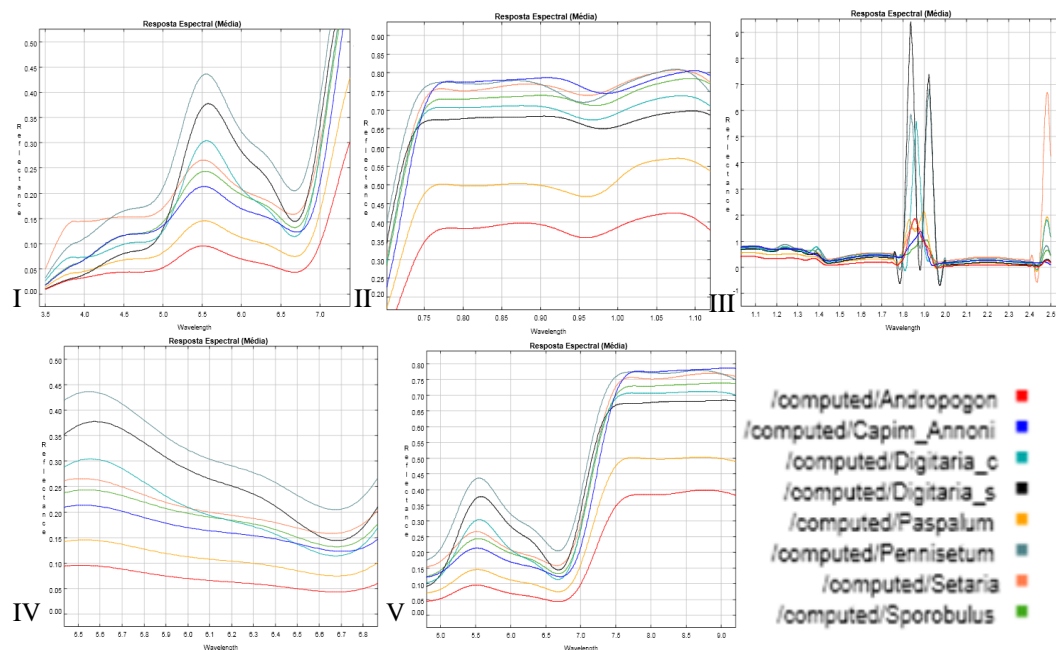


Figura 6. Resposta espectral obtida com a média das curvas espectrais de cada espécie para os intervalos de comprimento de onda: 350nm -720nm (I), 720nm-1100nm (II), 1100nm-2500nm (III), 550nm-680nm (IV) e 500nm-900nm (V).

4. Conclusões

A partir dos resultados dos métodos estatísticos, constatou-se que as diferenças na resposta espectral de cada espécie evidenciam-se na região do visível e do infravermelho próximo. Estas diferenças estão associadas ao teor de pigmento das folhas e estrutura celular que varia para cada espécie. Estes constituintes da folha definem a quantidade de energia absorvida e refletida em cada uma destas regiões.

A discriminação espectral das gramíneas estudadas neste trabalho, quando elaborada por meio de instrumentos do sensoriamento, mostrou-se possível ao considerar diferentes intervalos de comprimento de onda. Para tanto, o comprimento de onda no intervalo de 500nm a 900nm, apresentou resultados significativos para diferenciar a gramínea *Capim Annoni* (*Eragrostis plana*) das demais espécies. Vale ressaltar que este intervalo de comprimento de onda é amplamente utilizado para cômputo de índices de vegetação. Para tanto, sugere-se que em estudos futuros, índices de vegetação sejam aplicados a estas espécies com intuito de identificar diferenças entre as mesmas.

Com isso, é possível concluir que, ao longo do comprimento de onda, existem diferenças na resposta espectral do *Capim Annoni* quando comparado com as espécies analisadas.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Santa Maria-RS (Núcleo de Desenvolvimento de Informações e Geotecnologias) que disponibilizou equipe técnica para coletas *in loco* e permitiu o uso de seu espectroradiômetro, a Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio Grande do Sul, a Fundação Maronna e ao ICM-bio/ IBAMA, pelo apoio na logística e na escolha das áreas de análise.

Referências Bibliográficas

Blaschke, T.; Glässer, C.; Lang, S. Processamento de Imagens num Ambiente Integrado SIG/Sensoriamento Remoto – Tendências e consequências. In: Blaschke, T.; Kux, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados: Novos Sistemas Sensores, Métodos Inovadores**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. cap. 1, p.1-8.

Dusseux, P; Vertès, F.; Corpetti, T.; Corgne, S.; Hubert-Moy, L. Agricultural practices in grasslands detected by spatial remote Sensing. **Environmental Monitoring Assessing**, v.12, n.186, p. 8249–8265, 2014.

Florenzano, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

Jensen, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

Medeiros, R. B.; Focht, T. Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.13, n.1-2, p.105- 114, 2007.

Medeiros, R. B.; Saibro, J. C.; Focht, T. Invasão de capim-annoni (*Eragrostis plana* Nees) no bioma Pampa do Rio Grande do Sul. In: Pillar, V. P.; *et al.*. (Org.). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília. MMA, 2009, p. 317-330.

Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 307 p.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 4 ed revisada. São Paulo: Edgard Blucher, 2010, p. 387.

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E.; Kuplich, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**. 2. ed. Atualizada e ampliada. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

Ponzoni, F. J.; Silva, C. B. da.; Santos, S. B. dos.; Montanher, O. C.; Santos, T. B. dos. Local Illumination Influence on Vegetation Indices and Plant Area Index (PAI) Relationships. **Remote Sensing**, v.6, p. 6266 – 6282, 2014.

Rio Grande Do Sul. Lei Nº13.187, de 23 de junho de 2009. Disponível em: <<http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=162636&inpCodDispositive=&inpDsKeyw ords>>. Acesso em: 12.mar.2015.

Rio Grande Do Sul. Portaria 79, de 31 de outubro de 2013. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/upload/Portaria%20SEMA%20n%C2%BA%2079_2013.pdf>. Acesso em 14.mar.2015.