

RADIOGRAFIA DAS PASTAGENS DO BRASIL

RELATÓRIO PARCIAL 4

Desenvolvimento e Validação de Métricas de Qualidade

Goiânia, outubro de 2014

1. INTRODUÇÃO

No âmbito do projeto “Radiografia das Pastagens do Brasil”, e tendo em vista a meta 4 *Análise de Métricas de Qualidade*, neste relatório a análise foi centrada nas métricas sazonais, em específico a produtividade sazonal das pastagens cultivadas do Brasil, tendo por base imagens índice de vegetação (EVI2) para o período de 2000 a 2013. O índice de vegetação realçado (EVI2) é uma razão normalizada entre as reflectâncias no intervalo espectral do vermelho e infravermelho próximo e é amplamente utilizada como uma medida da atividade fotossintética da vegetação (JIANG et al., 2008).

Medidas da fotossíntese por meio de índices de vegetação estão bastante correlacionados a produtividade primária líquida (NPP) da vegetação, pois a capacidade fotossintética das plantas está relacionada à habilidade destas em utilizar água, luz e carbono (GOWARD et al., 1985). A NPP “representa a taxa de produção de biomassa que está disponível para o consumo pelos organismos heterotróficos” (ROSA & SANO, 2013). O aumento na produtividade primária líquida corresponde ao aumento no sequestro do CO₂ da atmosfera e armazenamento pela vegetação. Assim, a produtividade primária da vegetação é um indicador da “saúde da vegetação” e é fundamental para o equilíbrio ecológico, pois o carbono acumulado nas plantas alimenta os processos bióticos do planeta.

MÉTODOS

As imagens EVI2 utilizadas para a estimativa da produtividade primária líquida (NPP) foram calculadas utilizando as bandas do infravermelho próximo (NIR) e vermelho (RED) oriundas do sensor MODIS, abordo das plataformas TERRA e AQUA, com 250 m de resolução espacial. Os dados MODIS são disponibilizados gratuitamente na forma de produtos a cada 16-dias, com imagens compostas pela seleção da melhor observação, com pouca contaminação atmosférica e baixo ângulo de visada, durante o período de 16-dias. O produto índice de vegetação do MODIS (MOD13Q1) possui doze bandas espectrais com imagens no intervalo do vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio, índice de vegetação realçado (EVI) e índice de vegetação normalizado (NDVI). As imagens do MOD13Q1 são disponibilizadas por cenas,

considerando que no total são necessárias 17 cenas para cobrir o Brasil (Figura 1). A figura 2 mostra as etapas para o processamento das imagens EVI2 e para a geração das métricas sazonais. Primeiro as 17 cenas do produto MOD13Q1 foram baixadas para as 23 datas anuais para os 14 anos (Figura 2). Para cada data e imagem no intervalo do vermelho, infravermelho próximo e imagem de confiabilidade (pixel reliability) foi feito o mosaico, a reprojeção e o recorte para o Brasil. No total foram gerados 957 mosaicos para o Brasil, sendo 319 imagens do vermelho, 319 do infravermelho próximo e 319 do pixel reliability (Figura 2). Foi então calculado o índice de vegetação EVI2 utilizando as imagens do vermelho e infravermelho próximo (JIANG et al., 2008).

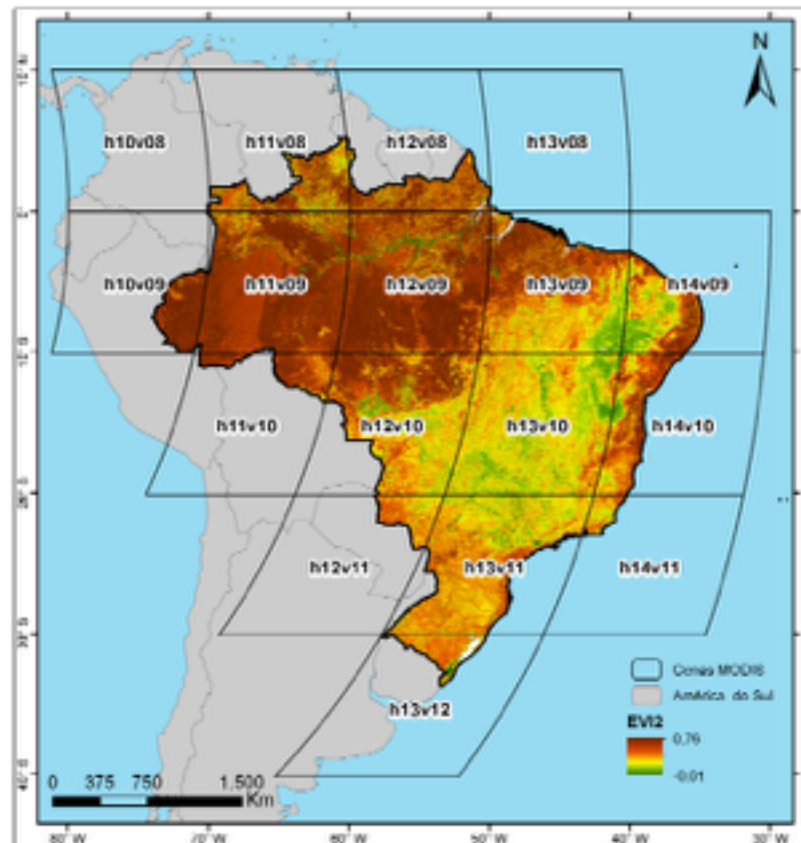


Figura 1 – Cenas MODIS utilizadas para a geração das imagens EVI2.

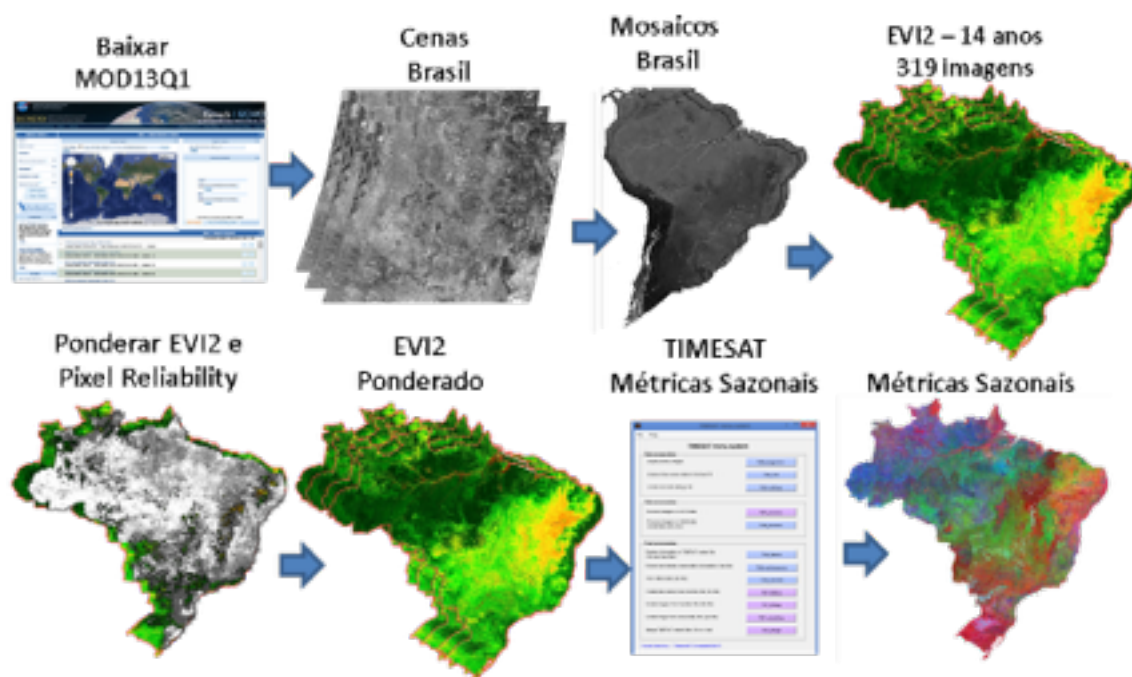


Figura 2 – a) Fluxograma mostrando as etapas para o processamento das imagens EVI2 e para a geração das métricas sazonais.

As 319 imagens EVI2 tiveram os valores dos pixels ponderados conforme a qualidade do pixel indicado pelas imagens de qualidade (*Pixel Reliability*) (Figura 2). Para os pixels de máxima qualidade (0) os valores da imagem EVI2 permaneceram os mesmos, para os pixels com qualidade intermediária (1) os valores da imagem EVI2 foram multiplicados por 0,5 e para os pixels com baixa qualidade (2 e 3) por 0,10. A figura 3 mostra a resposta do EVI2 e EVI2 ponderado para 15 amostras de pastagem sobre pixels de qualidade alta, intermediária e baixa para o Dia do Ano 193 (mês de Julho). As imagens EVI2 ponderadas foram recortadas para os seis biomas brasileiros (Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal, Amazônia) e para o Arco do Desmatamento.

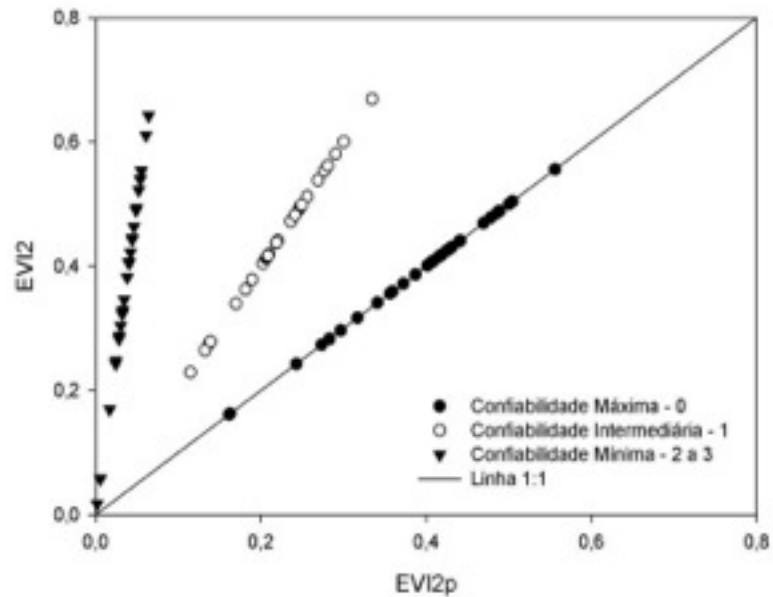


Figura 3 – Distribuição dos valores EVI2 e EVI2 ponderado para amostras de pastagem sobre pixels de qualidade máxima, intermediária e mínima.

As imagens EVI2 ponderadas para cada bioma e Arco do Desmatamento foram suavizadas por meio do filtro *Savitzky-Golay*, implementado no software TIMESAT, para eliminar ruídos nas imagens. A partir das imagens suavizadas foram extraídas três métricas sazonais (taxa de rebrota, taxa de senescência e produtividade primária líquida) utilizando o método do limiar, onde o início e fim do período de crescimento vegetal é definido como o DOY (Dia do Ano) onde o índice de vegetação, partindo do valor mínimo, cruza 20% na direção ascendente na porção esquerda e direita da curva sazonal (Figura 4). Para cada estação de crescimento, do início ao fim da estação (total de 13 estações de crescimento), foram obtidas a taxa de rebrota, correspondente a derivada à esquerda da curva sazonal, a taxa de senescência (ou derivada à direita) e a produtividade primária líquida, correspondente à integral no tempo do EVI2 (Figura 4).

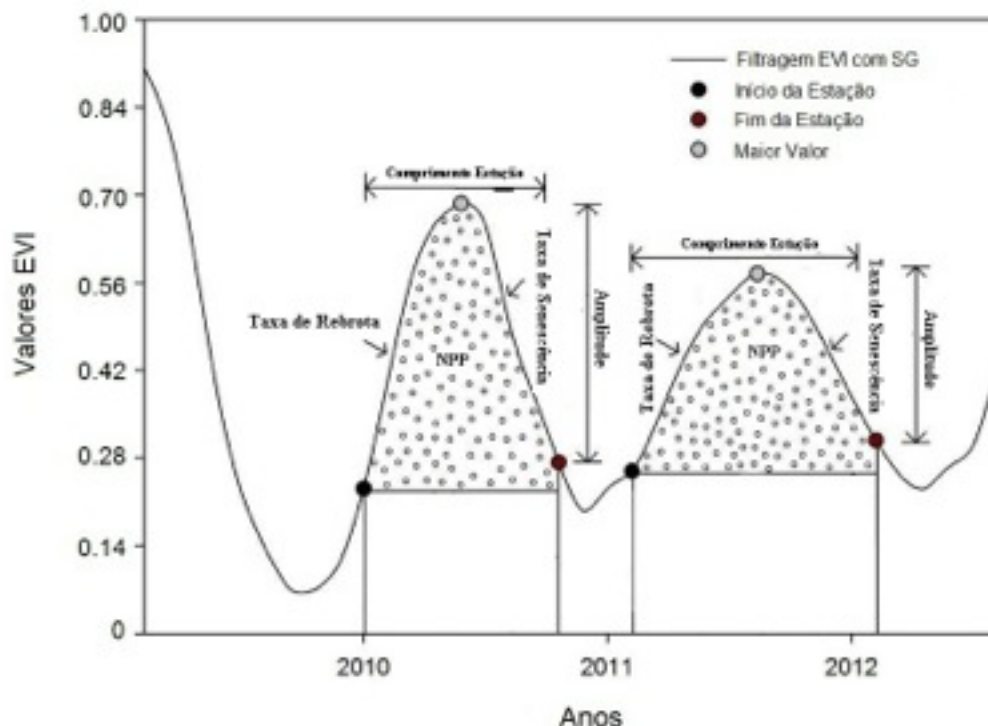


Figura 4 – Métricas sazonais definidas a partir do software TIMESAT.

Com base nas métricas sazonais, calculou-se um índice de qualidade que considera a razão normalizada entre a taxa de senescência e rebrota, partindo do pressuposto que pastagens de boa qualidade apresentam rápido crescimento com o início das chuvas atingindo rapidamente altos valores de índice de vegetação e baixa taxa de senescência indicando maior resistência a seca e uma queda gradual do vigor vegetativo.

RESULTADOS

Análise Regional

As métricas sazonais, considerando uma média de 14 anos, indicam maior produtividade sazonal (tons de vermelho), ou seja, maior atividade fotossintética, durante o período de crescimento da vegetação, no sudoeste e nordeste do bioma Cerrado, sul do Pantanal, oeste da Mata Atlântica e extremo norte da Amazônia (Figura 5). A maior produtividade sazonal pode estar associada a um período de crescimento maior, devido à presença de chuvas durante todo o ano, como no extremo norte e sul do

país, ou a uma vegetação que apresenta alta atividade fotossintética com altos valores de índice de vegetação. Por exemplo, culturas anuais apresentam alta produtividade sazonal (alta atividade fotossintética), taxa de rebrota (rápido crescimento da vegetação) e taxa de senescência (colheita).

Nos Pampas a produtividade sazonal é alta, assim como a taxa de senescência (tons de magenta). A maior parte do bioma Amazônia tende a apresentar valores baixos para a taxa de rebrota e produtividade sazonal (Figura 5). Isso se deve ao predomínio de espécies arbóreas, as quais apresentam crescimento lento, com baixo acúmulo de biomassa verde durante um período de crescimento e alto acúmulo ao longo dos anos (produtividade total). Por sua vez, a alta taxa de senescência pode ser resultado da maior quantidade de ruídos na região norte do país, que reduz o sinal da vegetação e resulta em problemas na definição do fim da estação de crescimento.

O bioma Cerrado é o que apresenta a maior taxa de rebrota entre todos os biomas, o que se deve à sua alta sazonalidade, com predomínio de vegetação de gramíneas e arbustos que crescem rapidamente com as primeiras chuvas (Figura 5). Percebe-se que no bioma Caatinga há uma resposta distinta na porção norte e sul, com alta taxa de rebrota no norte, indicativo de maior sazonalidade, e alta produtividade sazonal na porção sul.



Figura 5 – Média da produtividade primária líquida, taxa de rebrota e senescência para os biomas Brasileiros.

A produtividade sazonal das pastagens do Brasil apresenta altos valores no sul da Caatinga, norte dos Pampas, no sul do Cerrado e oeste da Mata Atlântica. Em parte os maiores valores da produtividade sazonal nos Pampas e Caatinga pode ser resultado do mapa de pastagem do PROBIO elaborado para o ano de 2002, sendo que atualmente percebe-se que muitas áreas classificadas como pastagem são utilizadas para culturas anuais como a soja (Figura 6a). Na Caatinga o PROBIO não separa as áreas de pastagem das áreas agrícolas, apresentando uma classe única de agropecuária. No Cerrado o mapa do PROBIO é bastante consistente com a realidade atual, sendo que houve o acréscimo de novas áreas de pastagem desde 2002.

Devido aos problemas do PROBIO e por ser um mapa de uso da terra estático, foram utilizados pontos de pastagem do PAVAN (*Pasture Validation Network*) localizados nos biomas Amazônia, Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica. Como ainda não temos pontos de pastagem nos biomas Caatinga e Pampa, para estes biomas foi necessário gerar 50 pontos aleatórios sobre o mapa de pastagem dos PROBIO para fins de comparação.

Considerando os pontos do PAVAN, observamos maior produtividade das pastagens no bioma Amazônia, Arco do Desmatamento, Cerrado e Mata Atlântica. Os menores valores de produtividade sazonal das pastagens encontram-se no bioma Pantanal (Figura 6d). No Pantanal, o regime de inundação reduz o sinal da atividade fotossintética da vegetação detectado pelo sensor. Com base nos pontos de pastagem gerados sobre o PROBIO, percebe-se menor produtividade sazonal para os biomas Caatinga e Pampa (Figura 6d).

Com relação à taxa de rebrota, notam-se valores maiores para o Cerrado, o norte da Caatinga e o Arco do Desmatamento, sendo estas regiões caracterizadas por apresentar um período seco de mais de três meses e uma maior sazonalidade (Figura 6d). Conforme os dados do PAVAN, este padrão regional se repete com maiores taxas de rebrota para o Cerrado e o Arco do Desmatamento. Já as pastagens com menor taxa

de rebrota encontram-se nos Pampas e na Mata Atlântica, regiões caracterizadas por chuvas durante a maior parte do ano.

A taxa de senescência, a qual indica a resistência da vegetação à ausência de chuva, é bem maior para a Amazônia e o Arco do Desmatamento, seguido dos Pampas (Figura 6d). Assim, as áreas de pastagem na região norte do país secam mais rápido com a ausência de chuva, se comparado aos biomas com maior sazonalidade (Cerrado e Caatinga). Pode-se concluir que as pastagens nos Pampas apresentam baixa produtividade, taxa de rebrota e senescência indicando que as pastagens apresentam menor atividade fotossintética. Já na Mata Atlântica as pastagens apresentam alta produtividade e baixa taxa de rebrota e senescência, indicando pastagem de maior atividade fotossintética. No Cerrado as pastagens apresentam a terceira maior produtividade com pastagens de rápido crescimento após as primeiras chuvas e com ressecamento foliar mais lento, mantendo a sua atividade fotossintética por mais tempo durante a estação seca (Figura 6d). Na Caatinga a produtividade é baixa devido ao curto período de crescimento da pastagem e a baixa atividade fotossintética destas.

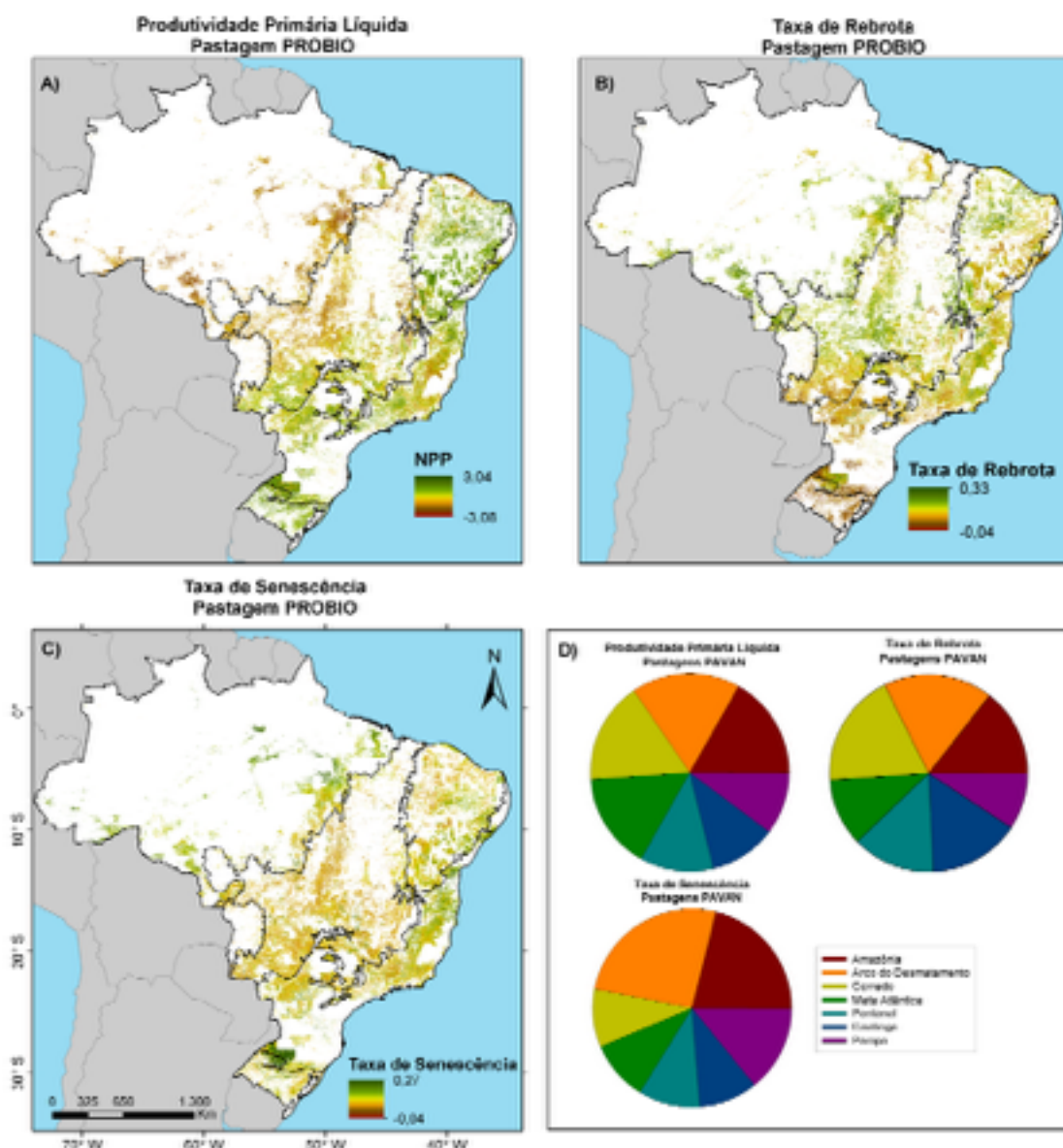


Figura 6 – a) Produtividade primária líquida (NPP), b) taxa de rebrota, c) taxa de senescência para as áreas de pastagem do PROBIO, d) gráficos das métricas sazonais com os pontos do PAVAN e pontos aleatórios (Caatinga e Pampa) para os biomas Brasileiros.

Conforme a figura 7a, nota-se que as áreas de pastagem na Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV) apresentam maior produtividade sazonal, o que corrobora os dados de campo, que mostram pastagens de boa qualidade. Devido ao número baixo de amostra (três áreas de pastagem) os dados da BHRV apresentam alta sazonalidade, como quedas abruptas em 2003-2004, 2006-2007, 2010-2011, que correspondem à anos

com anomalia de precipitação. Desconsiderando os anos atípicos, as pastagens da BHRV apresentam maior produtividade, seguido das pastagens localizadas no Arco do Desmatamento e Cerrado, que apresentam pastagens com diversos níveis de qualidade, e por fim as pastagens localizadas nos municípios do Rally da pecuária.

Com relação à taxa de rebrota, as pastagens da BHRV apresentam valores maiores que as do PAVAN e do Rally até 2006/2007 reduzindo a sua taxa de rebrota para valores abaixo dos do PAVAN e do Rally da Pecuária (Figura 7b). As amostras de pastagem do Rally da Pecuária apresentam valores de taxa de rebrota próximos aos do PAVAN, mas ligeiramente inferiores para todos os anos. A taxa de senescência apresentou alta variação interanual com valores constantemente menores para as pastagens da BHRV para todos os anos, com exceção de 2005/2006 (Figura 7c). A menor taxa de senescência das pastagens da BHRV, representativas de pastagens com bom nível de forragem, indica que pastagens bem manejadas apresentam maior resiliência a seca apresentando uma senescência gradual permanecendo verde por mais tempo na estação seca. Já a taxa de senescência das pastagens do PAVAN do Arco do Desmatamento e Cerrado foram maiores que as do Rally da Pecuária para todos os anos de análise, o que se deve a semelhança na distribuição espacial das pastagens do Rally e PAVAN.

A razão normalizada entre a taxa de senescência e rebrota mostrou as áreas onde a vegetação responde mais rapidamente as mudanças nas condições ambientais e áreas onde está responde mais lentamente ao início das chuvas. Áreas com alto valor negativo indicaram regiões com alto crescimento vegetal, ou seja, alta taxa de rebrota, e baixa taxa de perda da atividade fotossintética (taxa de senescência), podendo indicar regiões com clima mais sazonal. Já as áreas com alto valor positivo foram áreas com alta taxa de perda da atividade fotossintética da pastagem com o fim da estação de crescimento e baixa taxa de rebrota, sendo áreas cuja pastagem demora mais para responder ao início das chuvas e perde rapidamente o seu verdor com o fim da estação de crescimento. As áreas com baixo valor positivo ou negativo indicam áreas onde há um balanço entre a taxa de rebrota e senescência. Conforme a figura 7d, observa-se que as áreas de pastagem com maior taxa de rebrota e senescência encontram-se no Cerrado e no norte

da Caatinga, seguido das áreas de pastagem na Mata Atlântica e Arco do Desmatamento.

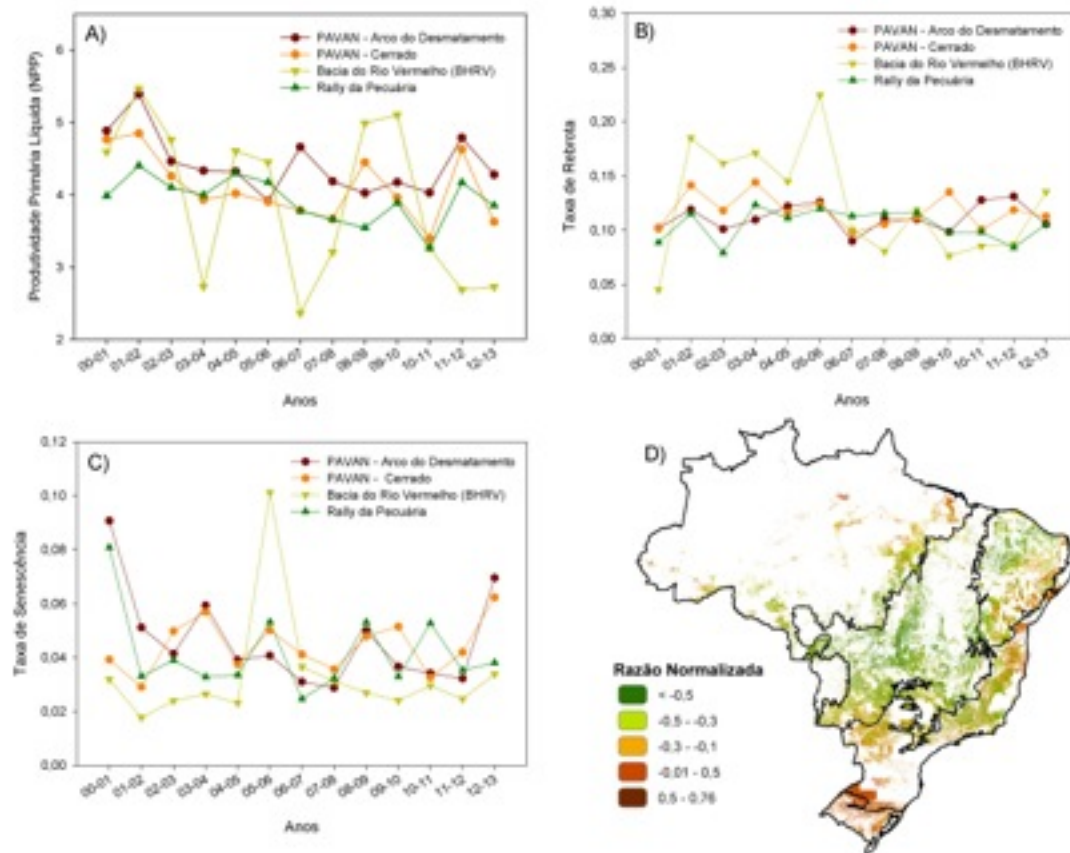


Figura 7 – a) Produtividade primária líquida (NPP), b) taxa de rebrota, c) taxa de senescência média para as amostras do PAVAN, BHRV e Rally da Pecuária, d) razão normalizada taxa de senescência e rebrota.

Considerações Finais

As análises das métricas sazonais para os principais biomas mostraram que a áreas de pastagens no Brasil apresentam diferentes respostas de vigor (alta atividade fotossintética) conforme o regime climático. Para entender como a atividade fotossintética da pastagem varia conforme o manejo ou pastejo é necessário isolar o componente climático e ambiental, a fim de poder comparar as condições das pastagens localizadas sobre regimes climáticos e características ambientais distintas. Para isso, é necessário analisar o “time lag” período de atraso entre a ocorrência das chuvas e a resposta da vegetação ano a ano e observar os padrões temporais do máximo índice de vegetação e precipitação de toda a série temporal.

A produtividade sazonal é uma métrica adequada como indicativo da qualidade das pastagens, quando não há muito ruído nas imagens, isso porque está incluído tanto o valor máximo do índice de vegetação como a duração da estação de crescimento na sua concepção e apresentou dentre todas as métricas a menor variabilidade temporal. Para melhor compreender se a resposta da produtividade sazonal está relacionada a uma estação de crescimento de maior duração ou a uma vegetação com maior atividade fotossintética será necessário obter o valor máximo do índice de vegetação para cada estação de crescimento e analisar a sua tendência ao longo de todos os anos.

Referências

GOWARD, S. N.; TUCKER, C. J.; DYE, D. G. North American vegetation patterns observed with the NOAA-7-advanced very high resolution radiometer. **Vegetation**, v. 64, p. 2-14, 1985.

JIANG, Z.; HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment**, v. 112, 2008.

ROSA, R. & SANO, E. E. Determinação da Produtividade Primária Líquida (NPP) de Pastagens na Bacia do Rio Paranaíba, Usando Imagens MODIS. **GeoFocus**, n. 13, p. 367-395, 2013.