

RADIOGRAFIA DAS PASTAGENS DO BRASIL

RELATÓRIO PARCIAL / PRODUTO 3

Análise de Padrões Biofísicos

Goiânia, Julho de 2014

PRODUTO 3 - Sumário Executivo

No âmbito do projeto “Radiografia das Pastagens do Brasil”, e tendo em vista a meta 3 *Análise de Padrões Biofísicos*, neste terceiro relatório procedemos à analise dos padrões espaciais e temporais das pastagens de todo o território nacional, tendo por referencia a analise de dados satelitários mensais de evapotranspiração (produto Terra - MODIS MOD16), processados e organizados para o período de 2000 a 2013.

A opção em se trabalhar com dados de evapotranspiração visa, principalmente, complementar a analise a ser desenvolvida para o produto 4 (centrado na produtividade das áreas de pastagens). Em fato, fluxos de água e energia (i.e. evapotranspiração) estão diretamente relacionados à produtividade primária, a qual corresponde ao acumulo de biomassa pela plantas. Igualmente importante, e conforme análises que o nosso grupo está conduzindo, é o papel fundamental que as pastagens desempenham quanto aos ciclos de água e energia. Assim, o produto ora apresentado busca entender como os fluxos de carbono e energia variam em função de práticas de manejo e diferentes estágios de degradação.

Entre imagens de evapotranspiração, evapotranspiração potencial, evapotranspiração normalizada e precipitação, para a geração do produto 3 foram processadas 672 imagens para todo o Brasil. Especificamente, as imagens evapotranspiração foram normalizadas em relação as imagens de evapotranspiração potencial, com vistas a se minimizar possíveis efeitos locacionais. Através da análise de componentes principais (ACP), o conjunto de 168 imagens de evapotranspiração normalizada foi reduzido à três imagens, as quais, ao concentrarem aproximadamente 96% da informação presente em todo o conjunto de dados, constituem-se em indicativos robustos da distribuição espacial das pastagens Brasileiras quanto ao seu vigor vegetativo e padrões fenológicos.

Por sua vez, a análise da distribuição dos valores acumulados de evapotranspiração normalizada durante a estação de crescimento e estação seca possibilitou quantificar e classificar as pastagens quanto ao seu vigor vegetativo e resistência à seca, respectivamente. Os nossos resultados sugerem que ao menos 40% das pastagens Brasileiras, concentradas principalmente em 24 municípios, encontram-se em boas condições de forragem / manejo, enquanto ao menos 12% das pastagens demandam atenção imediata quanto a sua vulnerabilidade a secas prolongadas.

Todos os dados e resultados gerados no âmbito deste projeto até o momento estão acessíveis pela internet, através do portal do LAPIG (www.lapig.iesa.ufg.br).

CONTEXTO TEORICO

Na vegetação, os fluxos de água e energia estão intimamente ligados à produtividade primária líquida (*net primary productivity* - NPP), a qual corresponde ao carbono acumulado pelas plantas (através da fotossíntese) menos o que é usado na respiração (Feng *et al.*, 2007), i.e. a biomassa produzida e disponível para ser consumida por outros organismos (Rosa & Sano, 2013). Especificamente, durante a fotossíntese, a perda de vapor de água para atmosfera e o sequestro de CO₂ ocorrem simultaneamente por meio da abertura dos estômatos da planta.

A transpiração da planta combinada com a evaporação da água interceptada pela planta e no solo é denominada de evapotranspiração (ET), a qual é relacionada aos processos de transferência / balanço de energia e água entre a superfície e a atmosfera, principalmente das regiões tropicais (onde corresponde a cerca de 60% da precipitação média) (Trenberth *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2014). A intensidade da evapotranspiração depende de fatores meteorológicos (radiação, temperatura e umidade do ar e vento), da planta (espécie, distribuição e número de estômatos, a fase de crescimento da planta, a altura e a profundidade do sistema radicular), do solo (teor de umidade e profundidade do lençol freático) e manejo deste solo (Li *et al.*, 2009). A evapotranspiração, o segundo maior componente do ciclo hidrológico e que tem um papel fundamental na dinâmica climática global e nos processos de produtividade primária dos ecossistemas, constitui-se em relevante serviço ecossistêmico (Malhi *et al.*, 2010).

De particular importância é o papel que as pastagens desempenham quanto aos ciclos de água e energia (Meirelles *et al.*, 2011; Lathuillière *et al.*, 2012; Arantes *et al.*, 2014). Pastagens (ex. *Brachiaria Brizantha*), caracterizadas por um sistema radicular pouco profundo, são particularmente suscetíveis à variação de umidade nas camadas superficiais do solo, respondendo rapidamente à disponibilidade e/ou déficit hídrico (Meirelles *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2013), o que pode ser bem identificado e caracterizados através de dados de evapotranspiração (Arantes *et al.*, 2014).

No âmbito do produto 3, estimativas de ET, para toda a cobertura de pastagens do Brasil (conforme mapa PROBIO), entre 2000 e 2013, foram obtidas através do produto *composed MODIS evapotranspiração* (MOD16), com 1 km de resolução espacial e frequência mensal (Mu *et al.*, 2011). O produto MOD16 utiliza-se de um modelo matemático, a equação de Penman-Monteith, para estimativa da evapotranspiração real e potencial (ETp), cujos principais dados de entrada no algoritmo são: 1) Produtos MODIS (MCD12Q1 – cobertura e uso da terra; MOD15A2 – índice de área foliar e fração

da radiação fotossinteticamente ativa; MOD43C1 – albedo) e 2) dados diários GMAO (*Global Modelling and Assimilation Office*) (radiação solar incidente, temperatura média do ar, temperatura média do ar durante o dia, temperatura mínima do ar e pressão do vapor d' água / VPD).

DADOS & MÉTODOS

Em relação aos dados de evapotranspiração (2000 a 2013), optamos por trabalhar com dados mensais (MOD16A2), os quais, comparativamente aos dados de frequência semanal, tendem a apresentar menor erro, comportamento sazonal mais consistente e melhor correlação (~0.7) com dados de campo (Ruhoff, 2011). Com vistas a minimizar diferenças locacionais oriundas de variação na radiação terrestre conforme a latitude e longitude, estes dados foram normalizados (ETn) (a partir da razão, *pixel* a *pixel*, entre ET e ETp) (conforme observado na figura 1, a relação entre evapotranspiração *real* e *normalizada* é predominantemente linear, o que corrobora a opção por análises baseadas em dados normalizados).

Da mesma forma, e com o objetivo de se eliminar eventuais ruídos, todas as análises descritas a seguir foram baseadas em médias mensais. O uso de médias, além de minimizar a influência de oscilações climáticas locais, traz o foco destas análises para o entendimento de padrões regionais gerais e consistentes ao longo do tempo. O uso de médias justifica-se ainda pelo fato de que todo este projeto se baseia na distribuição das pastagens mapeadas a partir de imagens Landsat 7 de 2002, sendo que assumimos, com base em dados obtidos pelo LAPIG - UFG para o bioma Cerrado, que as alterações destas áreas não foram significativas entre 2000 e 2013 (i.e. aproximadamente 0.04% para toda a área remanescente do bioma - ver Rocha *et al.*, 2011).

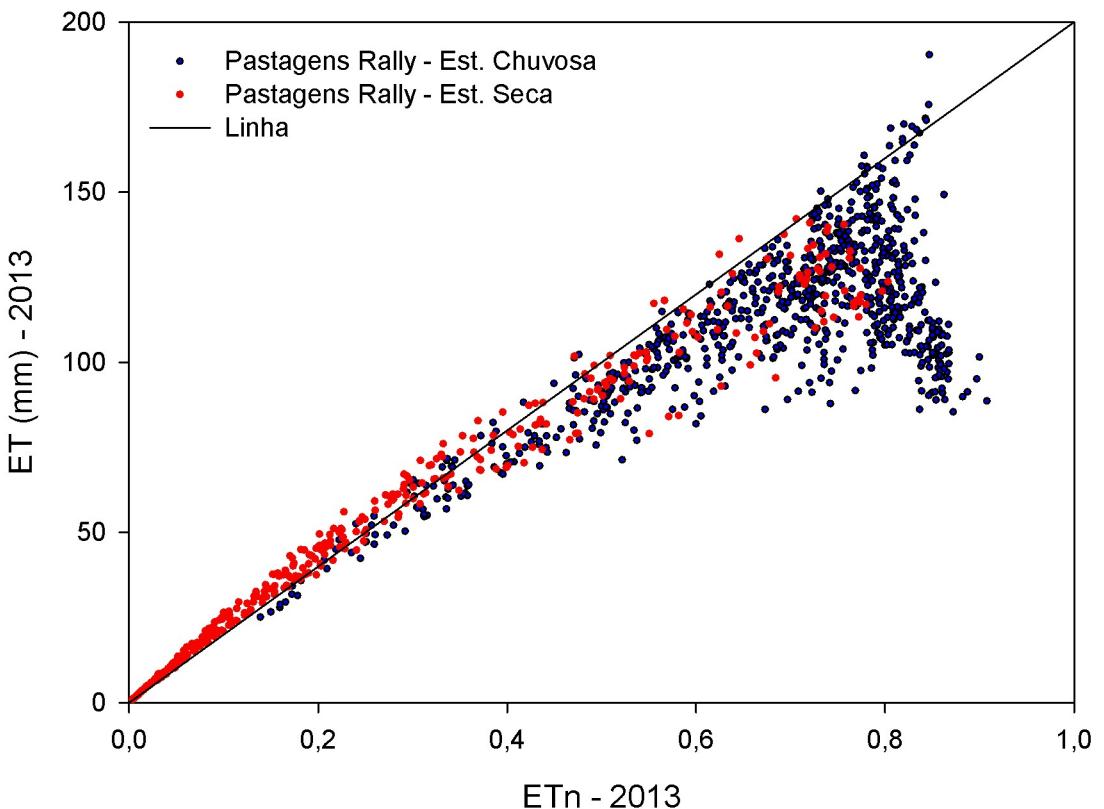


Figura 1 - Relação entre estimativas satelitárias de evapotranspiração *real* e *normalizada* (2013 - dados mensais).

A partir das imagens medias mensais de evapotranspiração normalizada foram geradas imagens componentes principais (auto-valores e auto-vetores calculados a partir de uma matriz de correlação, restrita à área de ocorrência das pastagens) e imagens acumuladas para o período predominante de crescimento vegetativo e senescênci (novembro a junho e julho a outubro, respectivamente). De forma auxiliar, foram compilados, para o período de 2000 a 2013, imagens mensais de precipitação TRMM (*Tropical Rainfall Measurement Mission* – Kummerow *et al.*, 1998) e dados MOD14 e MYD14 de anomalias termais diárias (Araújo *et al.*, 2012). Os dados de focos de calor foram compilados para todos os polígonos de pastagens (> 50 hectares) e avaliados comparativamente às classes de evapotranspiração acumuladas durante à estação seca.

As análises destes dados foram concentradas em três domínios principais: a) os 24 municípios (em nove estados) compreendidos na rota do chamado *Rally da Pecuária*, os quais concentram aproximadamente 75% do rebanho nacional; b) um conjunto de 175 propriedades cadastradas pela Aliança da Terra e consideradas como possuindo bom nível de forragem (as quais fazem parte da rede de validação - PA-

VAN¹ - que estamos estabelecendo no âmbito deste projeto); c) “biomas” Brasileiros (Cerrado, “Arco do Desmatamento”, Pantanal, Mata Atlântica, Caatinga e Pampas) (figura 2). Por sua vez, cada um destes conjuntos de dados foram comparados às respostas obtidas para as pastagens localizadas na bacia hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV), a nossa principal área de validação, em cujas pastagens (com bom nível de forragem) estamos obtendo sistematicamente dados de biomassa, altura, % verde e assinaturas especktoradiométricas (figura 3).

O conjunto total de dados, métodos e análises utilizados para esta etapa do projeto (i.e. meta / produto 3) é apresentado no fluxograma da figura 4.

¹ - Pasture Validation Network, da qual participam, além da Aliança da Terra (<http://www.aliancadaterra.org.br>), WWF-Brasil, IPAM, etc.

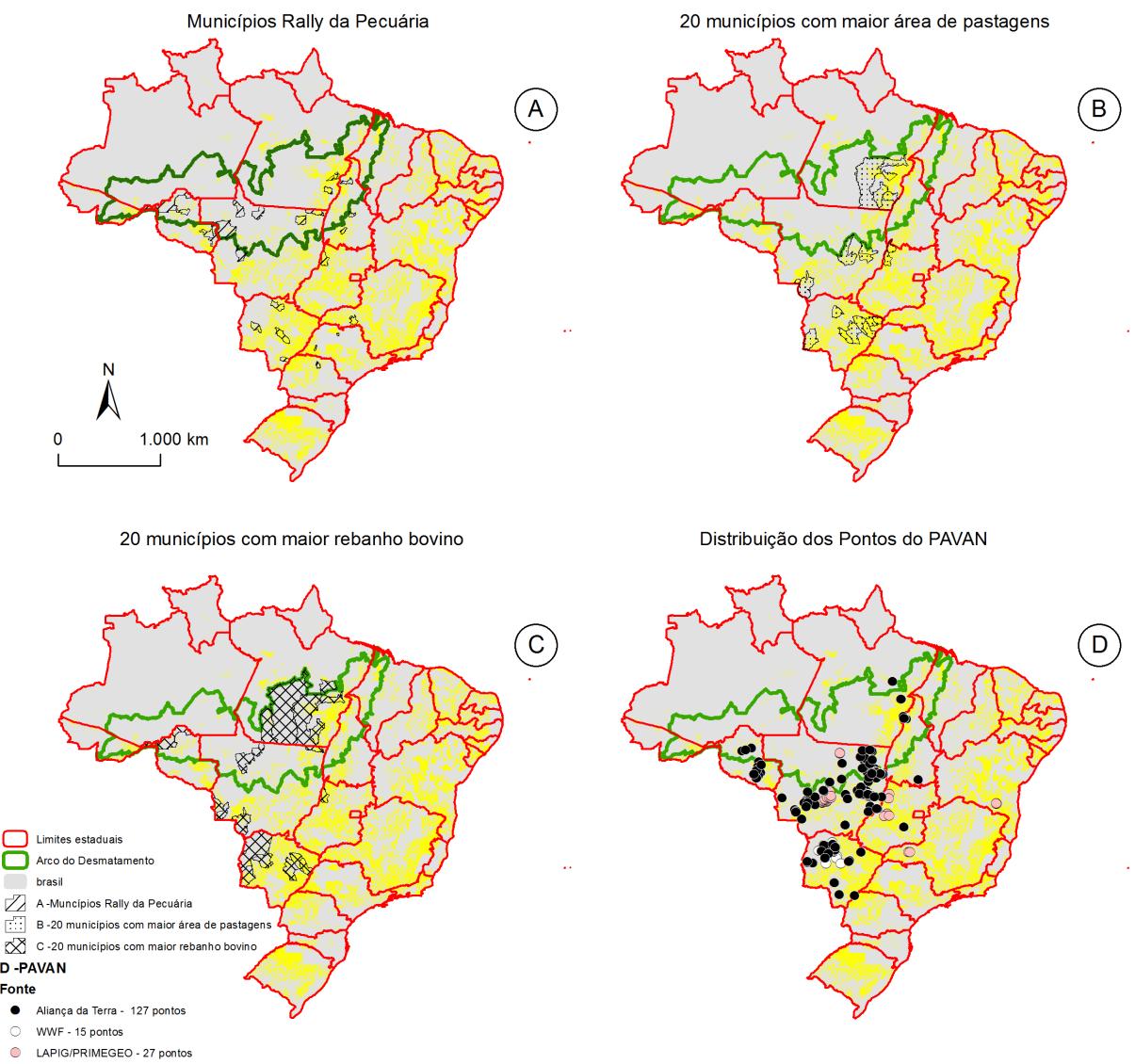


Figura 2 - Principais domínios de pastagens considerados nas análises relacionadas ao produto 3, com destaque para os municípios incluidos no Rally da Pecuaria (a) pontos de validação (Aliança da Terra) da rede PAVAN (Pasture Validation Network) (b).

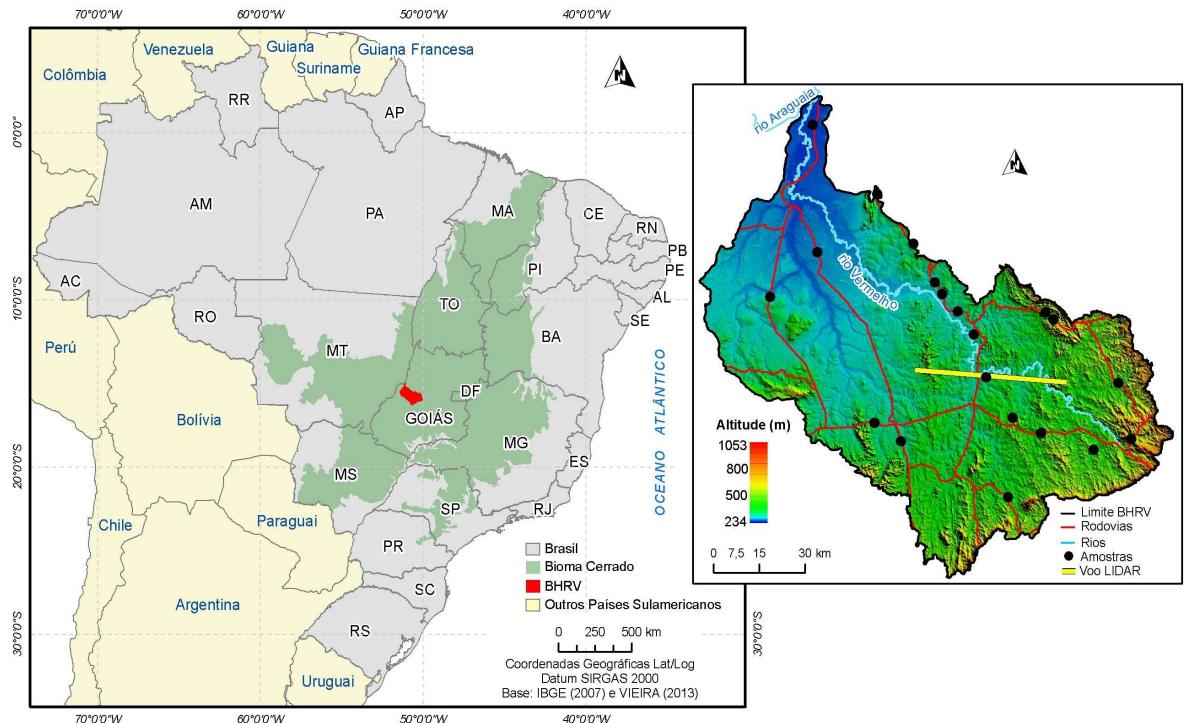


Figura 3 - Bacia Hidrográfica do Rio Vermelho (Estado de Goiás), com destaque para pontos de pastagens submetidos à aquisição sistemática de parâmetros biofísicos e transecto ao longo do qual teremos sobrevoos sobrevoos LiDAR (outubro 2014) (com vistas à determinação de padrões ópticos ativos em pastagens sob diferentes condições de uso e manejo).

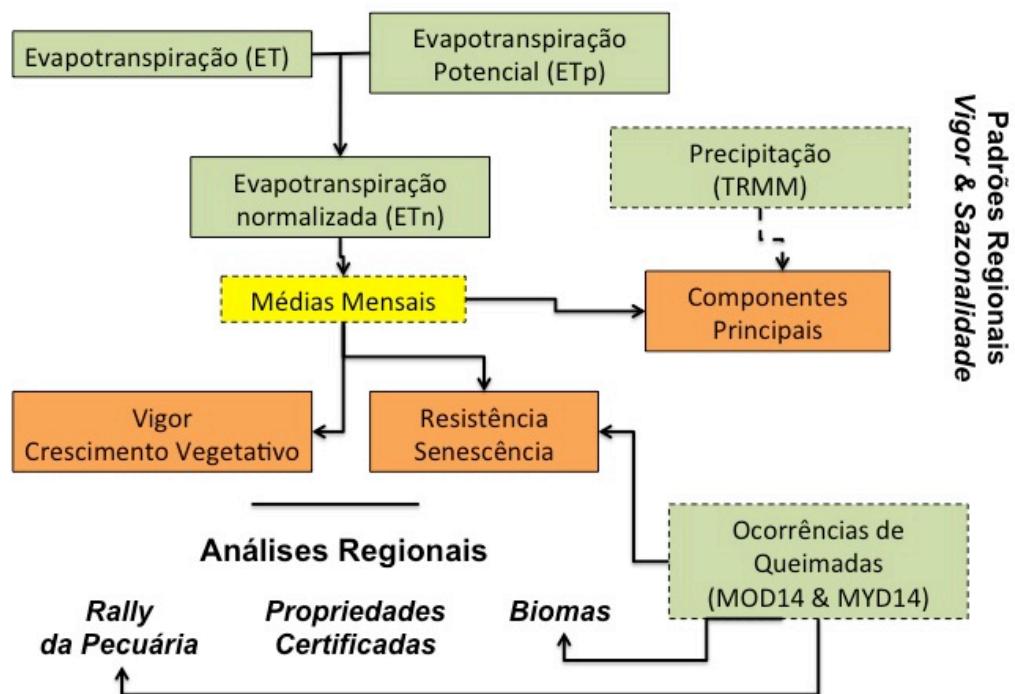


Figura 4 - Fluxograma destacando o conjunto de dados e principais etapas de processamento e análise com vistas aos objetivos da meta / produto 3 do projeto Radiografia das Pastagens do Brasil.

RESULTADOS

Através da *Análise de Componentes Principais* (Ferreira & Huete, 2004), aproximadamente 96% de toda a informação contida nas 168 imagens de evapotranspiração normalizadas foi concentrada em três novas imagens, PC1, PC2 e PC3, as quais correspondem, respectivamente, à evapotranspiração acumulada durante todo um ciclo hidrológico, ao padrão sazonal principal (funcionamento evapotranspirativo / atividade fotossintética entre novembro e maio), o qual compreende grande parte das pastagens situadas no Arco do Desmatamento, biomas Cerrado e Pantanal e municípios do *Rally da Pecuária* e ao padrão sazonal secundário (janeiro a junho) (ex. pastagens do bioma Caatinga) (figura 5). Estes padrões são bem corroborados através da análise dos pesos dos respectivos auto-vetores (mostrados no gráfico da figura 5b). Pesos equilibrados do auto-vetor 1 indicam que a imagem resultante (PC1) mostra, *pixel a pixel*, a água total transferida para a atmosfera durante um ciclo hidrológico completo. Da mesma forma, os pesos associados aos auto-vetores 2 e 3 nitidamente indicam padrões sazonais regionais (principal e secundário, respectivamente) consistentes com os padrões associados às chuvas (auto-vetores 2 e 3, tracejados no gráfico da figura 5b).

Na composição colorida RGB / PC1, PC2, PC3 (figura 5a), pastagens com bom nível de vigor vegetativo aparecem em tons de magenta, enquanto pastagens com vigor intermediário e baixo (possivelmente em condições de *stress* hídrico), aparecem em tons de amarelo e verde, respectivamente.

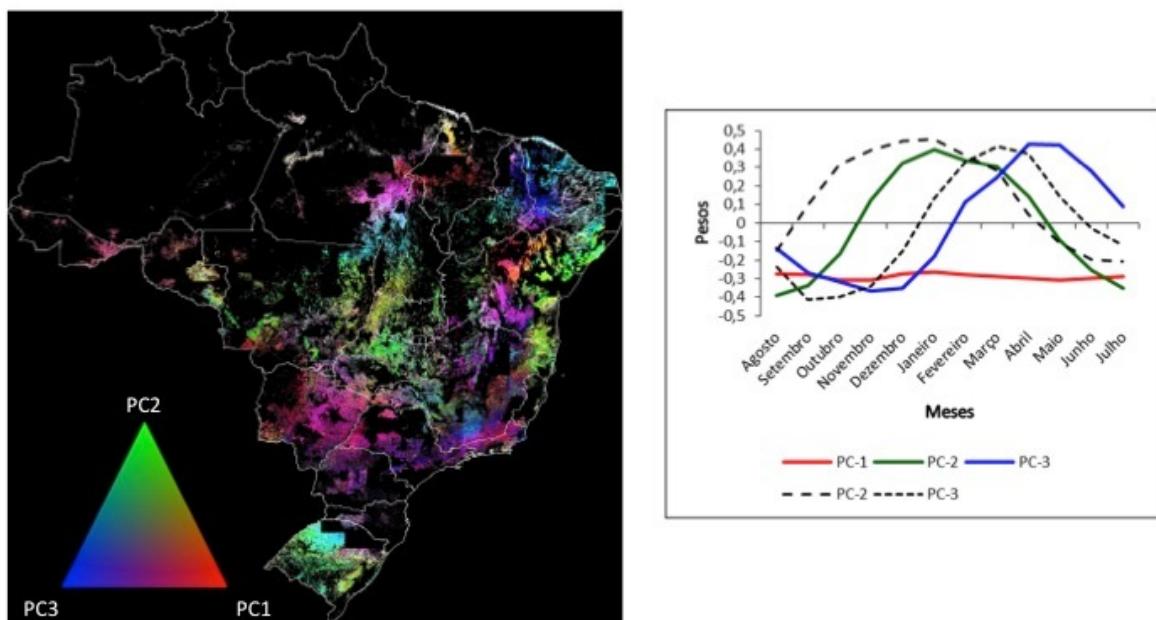


Figura 5 - Composição colorida RGB / PC1, PC2 e PC3, onde diferentes tons indicam o respectivo vigor vegetativo e respostas sazonais (a) e distribuição dos pesos dos auto-vetores (b) (curvas tracejadas --> imagens componentes principais de precipitação).

As respostas médias mensais da evapotranspiração normalizada para as pastagens de referência neste estudo (i.e. localizadas na BHRV), pastagens de propriedades certificadas pela Aliança da Terra e pastagens dos municípios incluídos no Rally da Pecuária são mostradas nos gráficos da figura 6. A similaridade entre as respostas sazonais associadas às pastagens BHRV e Aliança da Terra sugere condições climáticas, padrões de manejo e níveis de produtividade bastante próximos, ao mesmo tempo que corrobora os dados de referência adotados para este projeto. Da mesma forma, é interessante observar que os valores de evapotranspiração normalizada obtidos para as áreas de pastagens do Rally da Pecuária são sistematicamente mais elevados, uma indicação robusta de que estas áreas apresentam maiores níveis de forragem / produtividade.

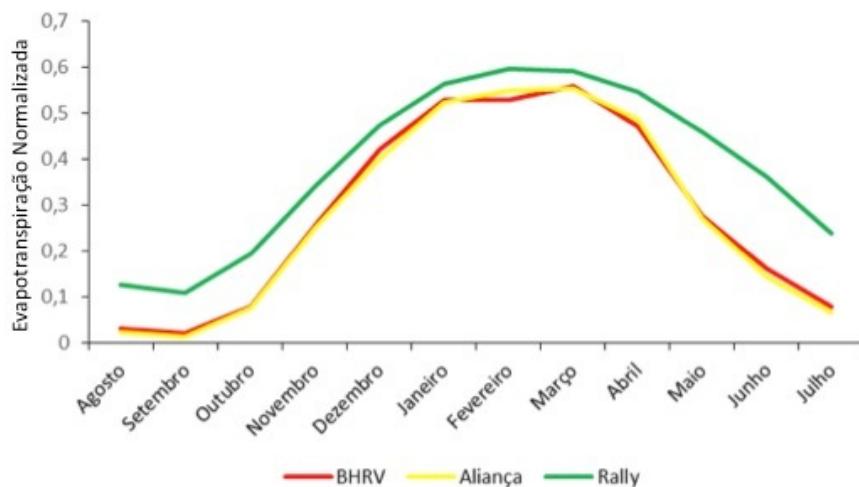


Figura 6 – Evapotranspiração (mm) média mensal (14 anos) para áreas de pastagens na bacia hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV - Goiás, dados de referência), pastagens de 175 propriedades certificadas pela Aliança da Terra e pastagens localizadas nos 24 municípios situados no âmbito do chamado Rally da Pecuária 2013 (detentores de aproximadamente 75% do rebanho bovino nacional).

As imagens de evapotranspiração normalizada acumulada para as estações de chuva e seca, indicativas, respectivamente, do vigor vegetativo e da resistência das pastagens à seca, são mostradas na figura 7. Especificamente em relação à imagem “vigor vegetativo”, é interessante notar a concentração de pastagens com boa capacidade fotossintética nas regiões do Arco do Desmatamento e bioma Cerrado, além dos municípios visitados durante o *Rally da Pecuária*. Ao todo, e tendo por referência as pastagens BHRV, estimamos que ao menos 40% das pastagens Brasileiras, concentradas nestas regiões, apresentam excelente nível de forragem. Por outro lado, ao menos 12% destas pastagens (localizadas principalmente no semi-árido, i.e. fora das principais

regiões de atividade pecuária) apresentam vigor vegetativo muito abaixo do limite de referência.

Quanto à resistência à seca, aproximadamente 26% das pastagens, incluindo áreas significativas do bioma Cerrado, são severamente impactadas durante o período de senescência. Contudo, é interessante observar que, dos 624.271 focos de queimada diários detectados sobre áreas de pastagens (> 50 hectares) em todo o território nacional, entre 2000 e 2013, apenas 8% encontram-se nestas áreas de maior vulnerabilidade. Em fato, a maior parte destes focos está concentrada no Arco do Desmatamento (~ 45%) e bioma Cerrado (~ 32%), indicando que predomina ainda no país, em particular em áreas de pastos produtivos, práticas de manejo ambientalmente pouco sustentáveis. Quanto às áreas de pastagens relacionados ao Rally da Pecuária, estas concentram apenas 4.5% do total da ocorrência de fogo, o que sugere que áreas altamente produtivas (no caso, responsável por 85% da produção de carne no país) podem ser alinhadas à práticas ambientais mais sustentáveis.

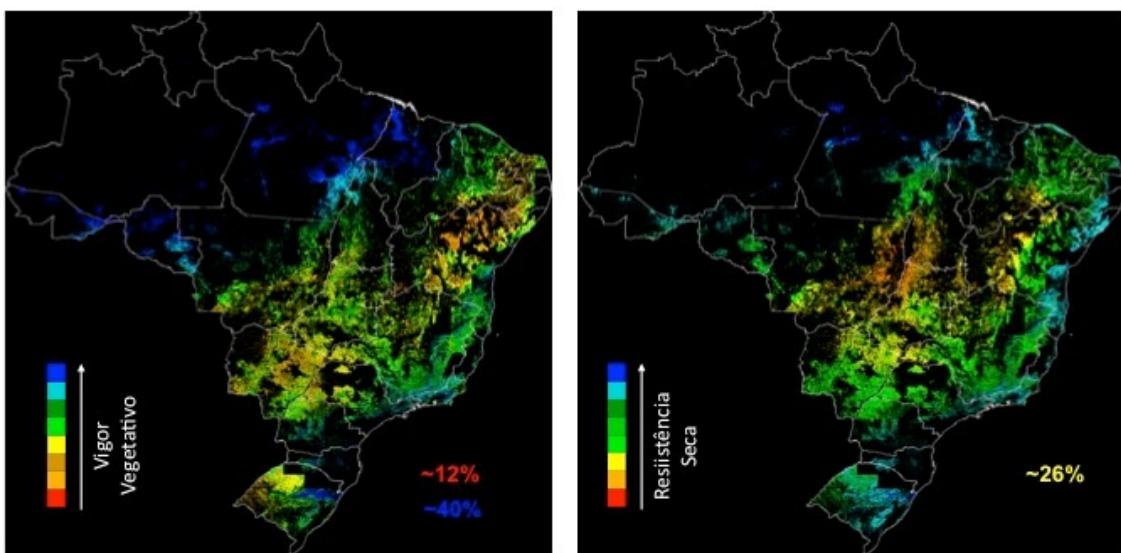


Figura 7 – Imagens de evapotranspiração média (14 anos) acumulada durante o período de crescimento vegetativo (indicativa do vigor vegetativo) e senescência (indicativa da resistência à seca).

De acordo com as distribuições de frequências mostradas na figura 8, as áreas de pastagens situadas no Arco do Desmatamento e Mata Atlântica apresentam valores de evapotranspiração acumulada durante a estação de crescimento predominantemente acima dos valores de referência. Ao contrário, as pastagens localizadas no bioma Cerrado apresentam valores médios (e dominantes) abaixo daqueles indicativos de bons níveis de forragem. Ao contrário, ao longo da estação seca, as pastagens do Arco do

Desmatamento apresentam, em média, valores de evapotranspiração abaixo dos valores de referência, possivelmente um desdobramento da elevada concentração de focos de queimada observados (figura 9).

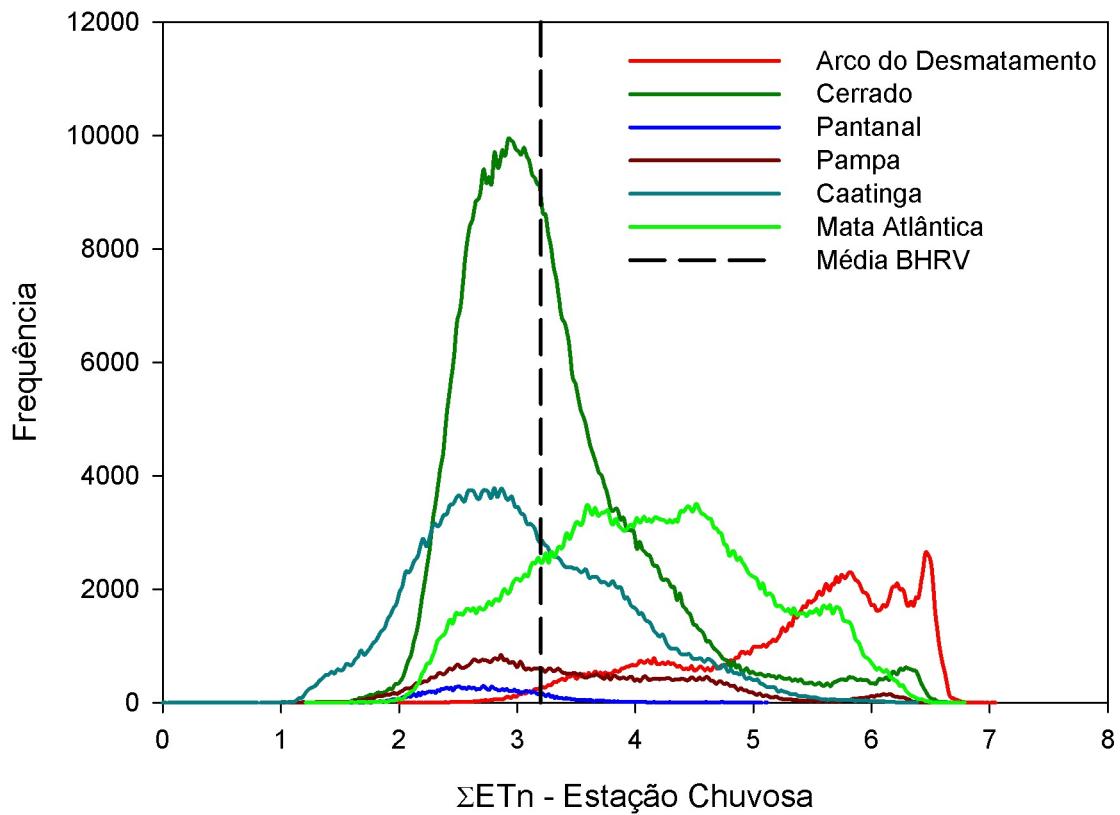


Figura 8 – Distribuições de frequência da evapotranspiração normalizada acumulada (médias mensais) durante a estação chuvosa (período de crescimento vegetativo) para os biomas Brasileiros. Linha tracejada indica evapotranspiração normalizada (valores médios) acumulada (novembro a junho) para as pastagens da bacia hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV - valores de referência).

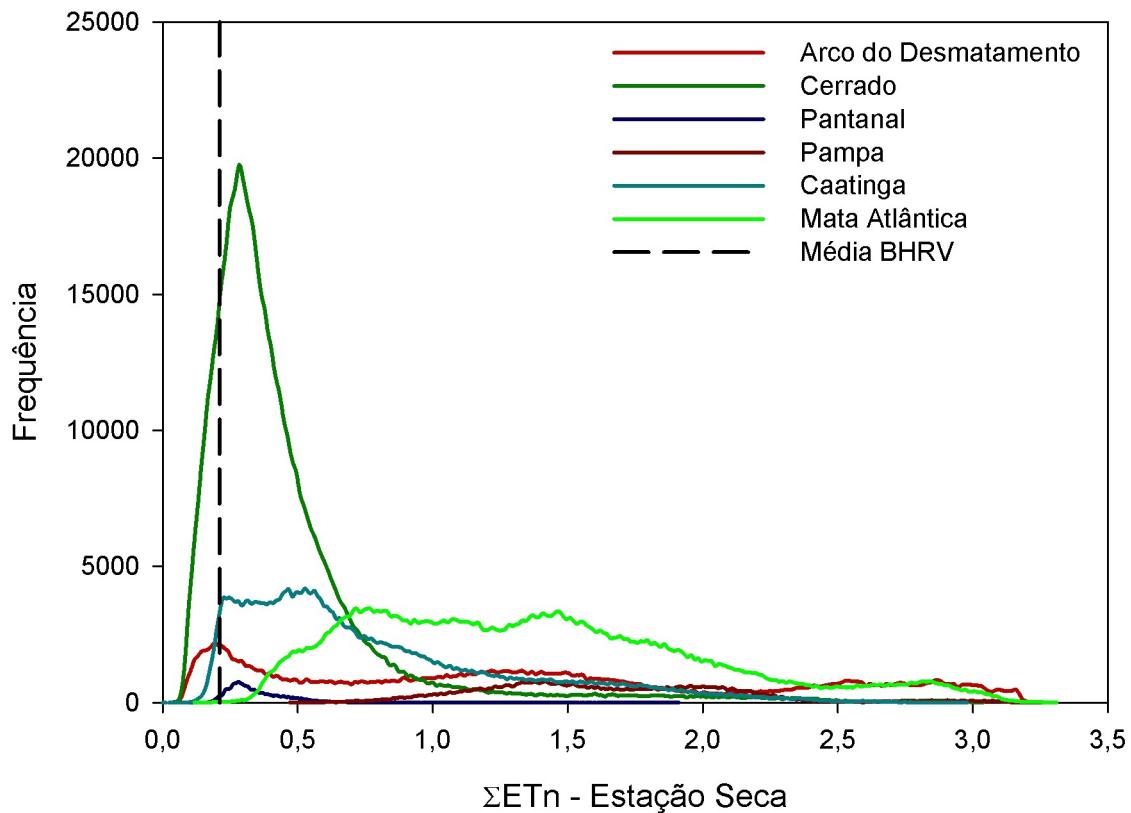


Figura 9 – Distribuições de frequência da evapotranspiração normalizada acumulada (médias mensais) durante a estação seca (período de senescência) para os biomas Brasileiros. Linha tracejada indica evapotranspiração normalizada (valores médios) acumulada (julho a outubro) para as pastagens da bacia hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV - valores de referência).

No caso das áreas de pastagens altamente produtivas (i.e. incluídas no *Rally da Pecuária*), os valores de evapotranspiração acumulada são predominantemente e significativamente acima dos valores de referência (figura 10).

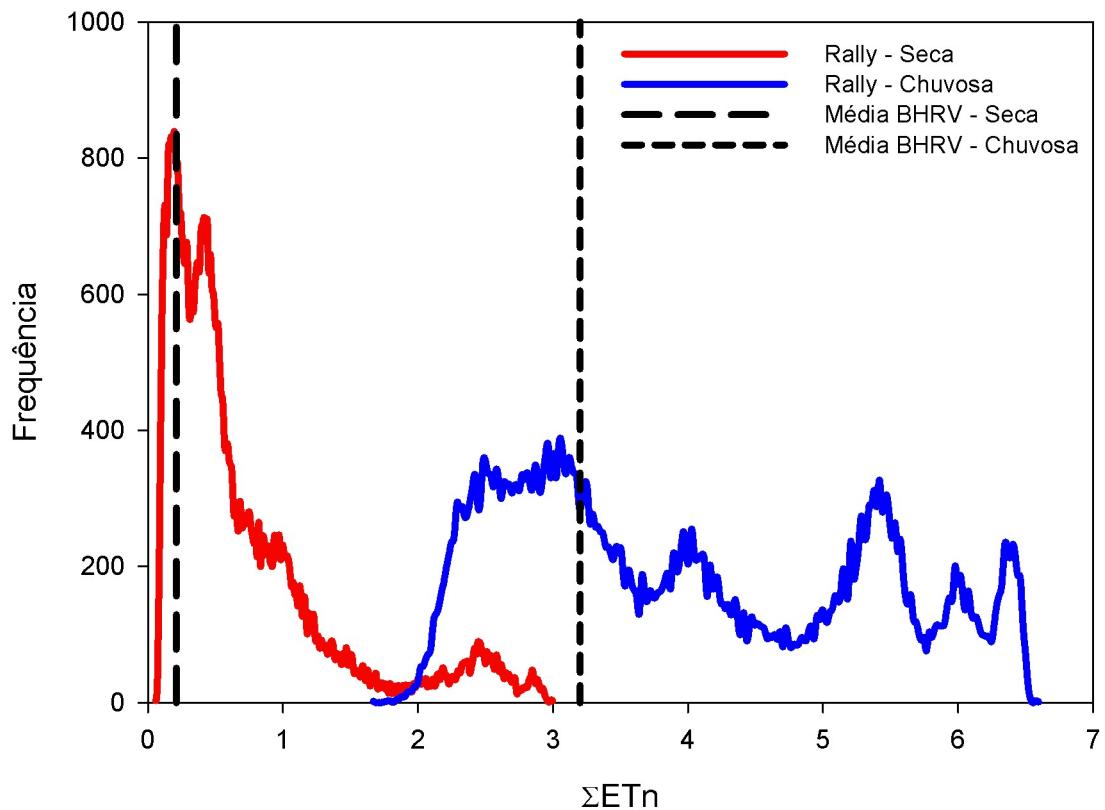


Figura 10 – Distribuições de frequência da evapotranspiração acumulada (médias mensais) durante as estações chuvosa (período de crescimento vegetativo) e seca (senescência) para as áreas de pastagens dos 24 municípios visitados pelo Rally da Pecuária. Linha tracejada indica evapotranspiração normalizada (valores médios) acumulada para as pastagens da bacia hidrográfica do Rio Vermelho (BHRV - valores de referência) durante os dois períodos considerados.

ACESSO AOS DADOS E RESULTADOS

Todos os dados e resultados gerados no âmbito deste projeto até o momento estão acessíveis pela internet, através do portal do LAPIG (www.lapig.iesa.ufg.br → Projetos → Radiografia das Pastagens do Brasil). Especificamente, os dados geográficos, em conformidade às suas particularidades cartográficas e diversas estruturas e formatos de armazenamento, são apresentados por meio de mapas interativos, enquanto os dados documentais, organizados em categorias, são passíveis de buscas por palavras-chave.

Os dados *raster*, disponíveis para visualização, análise e recuperação, compreendem imagens de qualidade, índices de vegetação e imagens de evapotranspiração e precipitação. Estas imagens compreendem séries temporais, com frequência quinzenal ou mensal, para o período de 2000 a 2013. Através da ferramenta "Análise de

"Séries Temporais" é possível gerar perfis temporais para até dois parâmetros simultaneamente (ex. evapotranspiração e índice de vegetação).

Quanto aos dados cartográficos (estrutura vetorial / "shapefiles") estes compreendem, além de bases diversas (ex. limites estaduais; focos de calor sobre áreas de pastagens), a rede de pontos PAVAN (*Pasture Validation Network*), bases relacionadas à governança e infra-estrutura (ex. investimentos Plano ABC) e bases de socioeconomia (ex. rebanho bovino em 2012). É importante ressaltar que esta página encontra-se em processo de contínuo aprimoramento.

Dados documentais, até o momento, incluem documentos contratuais (i.e. Termo de Cooperação SAE - UFG e respectivo Plano de Trabalho), relatórios, apresentações, além de vasta literatura sobre pastagens. Importante ressaltar que toda a base de dados (raster, vetorial e documental) será periodicamente atualizada, bem como novos produtos e ferramentas acrescentados.



Figura 11 – Página do projeto Radiografia das Pastagens do Brasil, através da qual todas as bases cartográficas (imagens, mapas, etc) e documentais (relatórios, etc) podem ser acessadas de forma direta e interativa.

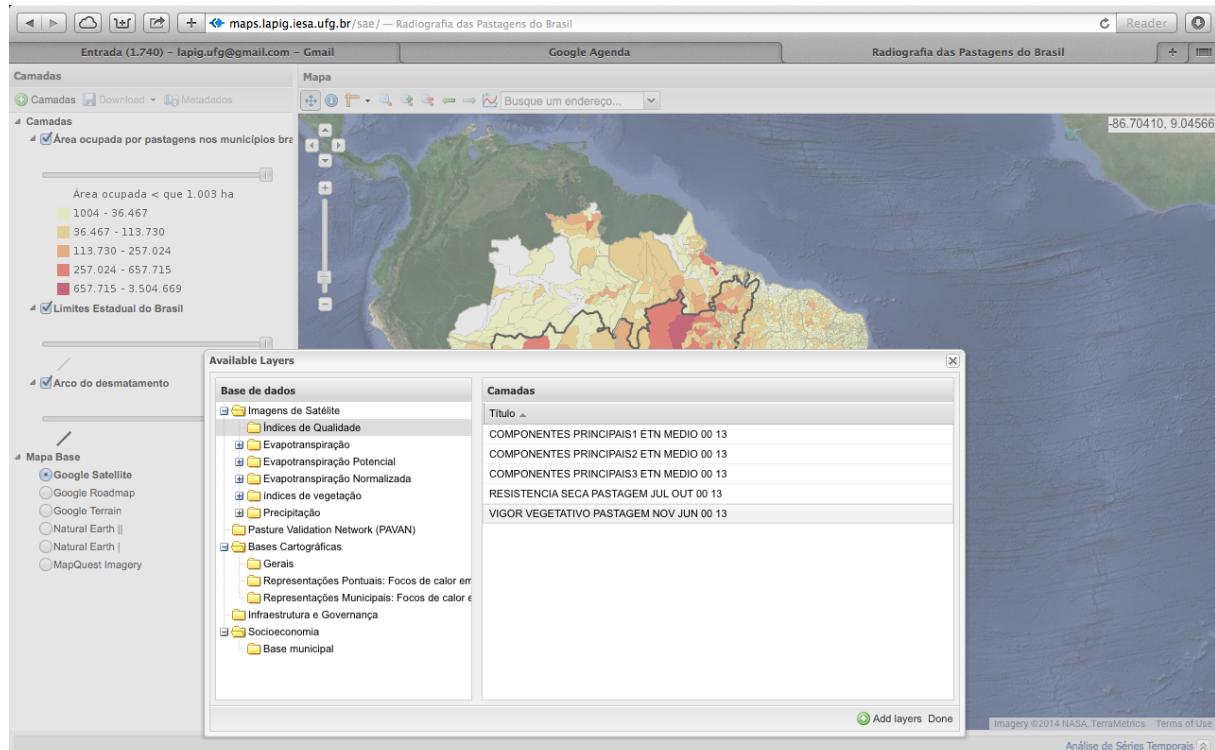


Figura 12 – Página Radiografia das Pastagens do Brasil / Plataforma “Mapas Interativos”: Imagens de Satélite (ex. índices de qualidade), Pasture Validation Network, Bases Cartográficas (ex. focos de calor), Infraestrutura e Governança (ex. investimentos plano ABC), Socioeconomia (ex. rebanho bovino 2012).

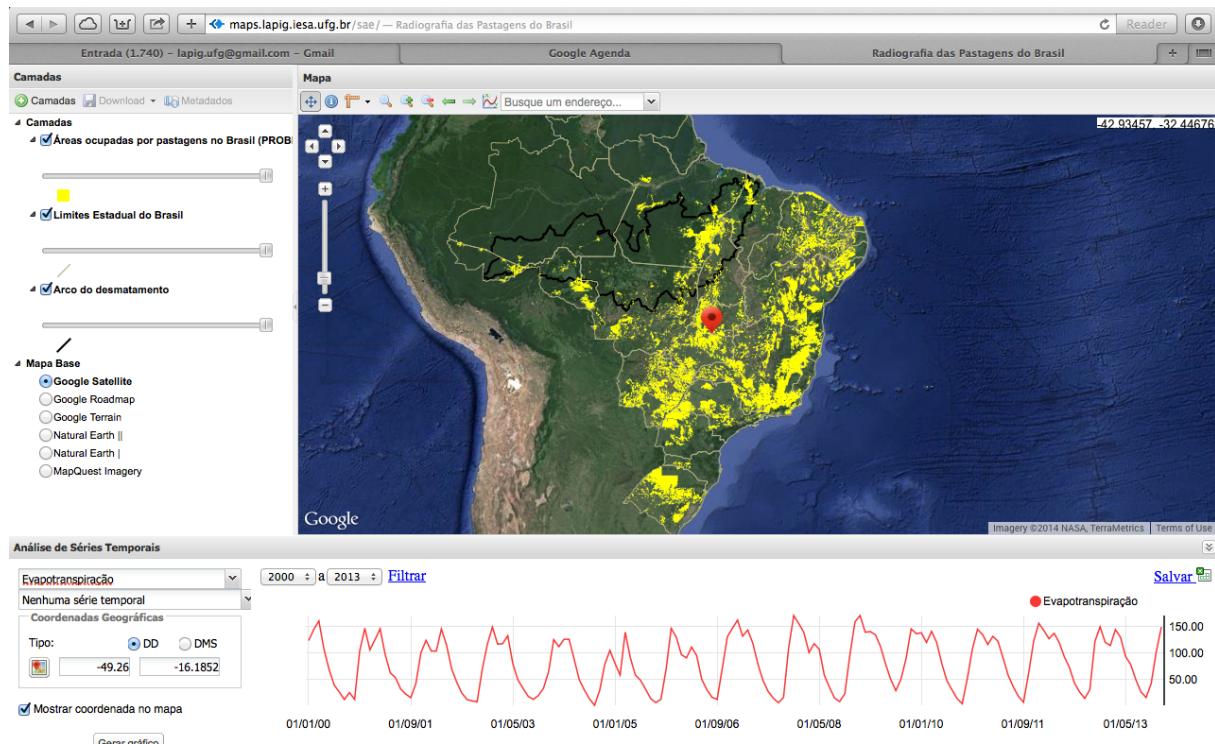


Figura 13 – Página Radiografia das Pastagens do Brasil / Plataforma “Mapas Interativos”: ferramenta para análise de séries temporais satelitárias (ex. evapotranspiração - 2000 a 2013 - para uma determinada pastagem de interesse, área em amarelo).

CONSIDERAÇÕES

Tendo por referência a meta *Análise de Padrões Biofísicos*, apresentamos nesta etapa do projeto Radiografia das Pastagens do Brasil, dados inéditos de evapotranspiração para a totalidade das pastagens Brasileiras. O fluxo de água que uma planta transfere para a atmosfera é um indicador robusto sobre o seu vigor e capacidade fotossintética. Especificamente, a partir dos valores de imagens de evapotranspiração mensais acumulados durante os meses de crescimento vegetativo e senescência, estimamos em ao menos 40% as áreas de pastagens no Brasil em boas / excelentes condições de forragem, situadas principalmente na região conhecida por Arco do Desmatamento, bem como nos municípios visitados durante o Rally da Pecuária 2013, os quais concentram aproximadamente 75% do rebanho nacional. Por outro lado, estimamos que entorno de 12% das áreas de pastagens demandam atenção imediata.

Os dados de evapotranspiração, além de serem uma maneira direta e eficaz de se avaliar o comportamento biofísico e respectivos padrões de distribuição espaço-temporal das áreas de pastagens, também possibilitam determinar com maior precisão os serviços ambientais associados à estas áreas produtivas. Em fato, resultados recentes para o bioma Cerrado sugerem que os aproximadamente 700.000 km² de pastagens, conforme condições de uso e produtividade, contribuem com até 30% de toda a água transferida para a atmosfera, da qual dependem os processos de reciclagem e geração de chuvas a nível regional (Arantes *et al.*, 2014) (figura 14). Com base nos dados de evapotranspiração, também é possível estimar *os impactos de eventos climáticos (ex. secas prolongadas) nos balanços de água e energia, os quais, ao afetarem a capacidade de suporte das pastagens, também podem representar riscos à economia, à segurança alimentar e à integridade dos ecossistemas.*

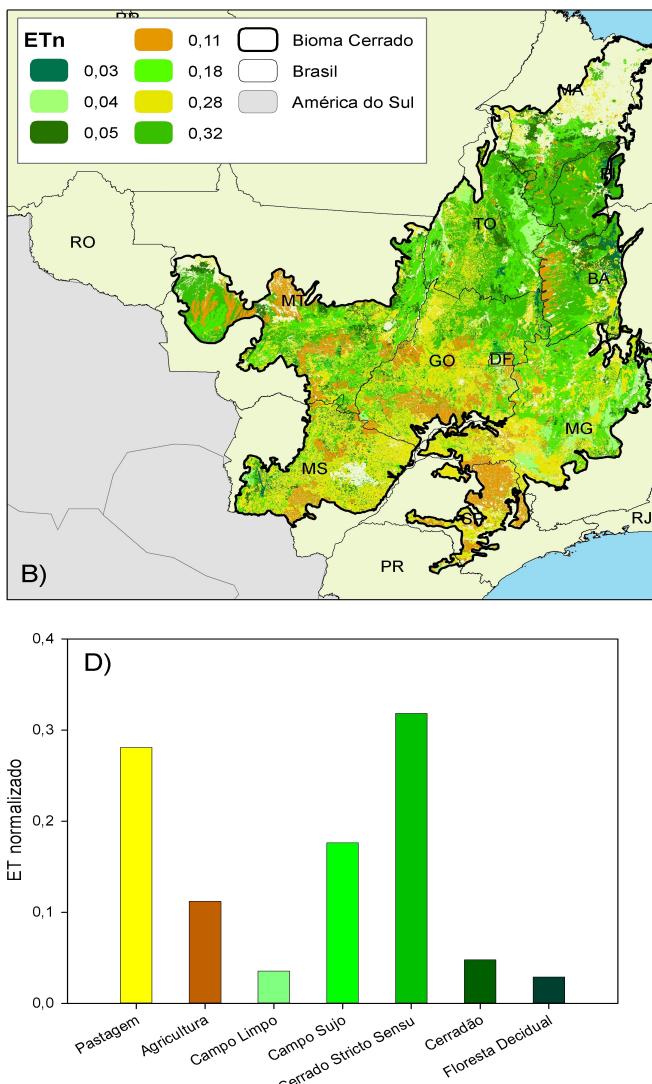


Figura 14 - Distribuição regional de valores de evapotranspiração normalizada acumulada (média 14 anos) para as diferentes fito-fisionomias naturais e antrópicas do bioma Cerrado (valor para pastagem baseado em amostras BHRV). O gráfico mostrado logo abaixo do mapa indica a contribuição relativa de cada tipo de cobertura à evapotranspiração acumulada no bioma Cerrado durante o período de crescimento vegetativo.

Sobre o enorme conjunto de anomalias termais (focos de calor) compilados nessa etapa do projeto (~ 624.271), é interessante observar que estes estão mais associados às práticas de manejo do que à condições ambientais específicas. Do total de focos de queimadas diárias (2000 a 2013), cerca de 45% ocorreram na região do Arco do Desmatamento, a qual, apesar de concentrar parte significativa da atividade pecuária nacional, ainda precisa de atenção quanto à práticas de manejo ambientalmente mais sustentáveis. Por outro lado, as áreas de pastagens mais produtivas do país, situadas nos 24 municípios compreendidos pelo Rally da Pecuária, com pouco mais de 4% do total de focos,

parece estar em maior sintonia com práticas de manejo eficientes do ponto de vista econômico e ambiental.

Transcorridos seis meses do início do projeto Radiografia das Pastagens do Brasil, as três metas previstas até o momento foram executadas dentro dos prazos e expectativas, a saber: 1) compilação e espacialização das áreas de pastagens no Brasil; 2) organização de bases sócio-econômicas e 3) análise regional de padrões biofísicos. Além destas metas, uma página para o projeto foi organizada, através da qual todo o conjunto de dados e resultados podem ser facilmente acessados, para análise e recuperação (download). Para os próximos seis meses, uma equipe de 20 pesquisadores (tabela 1)², plenamente integrada aos objetivos do projeto, tem por foco a finalização das três outras metas previstas no plano de trabalho (i.e. desenvolvimento e validação de métricas de qualidade, organização e análise de séries temporais e entrega e apresentação dos resultados gerais). Além destas metas previamente compactuadas, buscamos também avaliar e apresentar a trajetória histórica das pastagens no Brasil, dados preliminares de campo (incluindo medidas espetroradiométricos) para áreas de pastagens selecionadas e respectivas relações entre diferentes parâmetros biofísicos e finalização do portal *online* sobre a atividade pecuária no Brasil.

² Entre os pesquisadores envolvidos neste projeto, oito estão recebendo bolsas mensais através dos recursos descentralizados pela SAE para a UFG. O pagamento destas bolsas corresponde à totalidade dos recursos transferidos.

Equipe Técnico-Científica				Bolsa Projeto SAE
Membro	Responsabilidades	Vínculo Institucional		
Docentes	Laerte G. Ferreira	Coordenação geral & concepção do projeto; desenvolvimento de métricas de qualidade e análise dos dados.	Docente (LAPIG - IESA - UFG)	NÃO
	Elaine B. Silva	Análise de dados históricos de pastagens	Docente (LAPIG - IESA - UFG)	SIM
	Jorge B. Silva	Levantamento de dados em campo & desenvolvimento de métricas de qualidade	Pesquisador Visitante LAPIG (Geografia UFU)	NÃO
	Manuel E. Ferreira	Coordenação atividades de campo & PAVAN (<i>pasture validation network</i>)	Docente (LAPIG - IESA - UFG)	SIM
	Pablo S. Santos	Análise de parâmetros biofísicos; classificação de imagens	Docente (Geografia UFOB)	NÃO
	Pedro Alves Vieira	Levantamento de dados em campo	Docente (Geografia UEG)	NÃO
Pós-graduandos	Arielle E. Arantes	Apoio à coordenação do projeto; organização de bases de dados raster (imagens para todo o Brasil), análise de séries temporais	Mestranda Geografia IESA - UFG	SIM
	Silvio B. Sousa	Apoio à coordenação do projeto; organização e análise de bases vetoriais e censitárias; organização do portal de dados	Doutorando Geografia (IESA - UFG)	SIM
	Antônio dos Anjos	Análise de dados históricos de pastagens	Doutorando Geografia (IESA - UFG)	NÃO
	Bernard S. Oliveira	Desenvolvimento de scripts; processamento de dados raster	Mestrando Geografia IESA - UFG	SIM
	Fernando M. Araújo	Análise & modelagem de queimadas em áreas de pastagens	Doutorando Ciências Ambientais (CIAMB - UFG)	NÃO
	Leomar R. Alves Jr.	Levantamento de dados em campo	Mestrando Geografia IESA - UFG	SIM
Alunos de graduação	Daniel Soares	Compilação & caracterização PAVAN (Pasture Validation Network)	Bacharelando em Geografia (IESA - UFG)	NÃO
	Gabriella Garcia	Organização de base de dados de queimadas em áreas de pastagens	Bacharelando em Ciências Ambientais (IESA - UFG)	SIM
	Leonardo Nogueira	Apoio às atividades de campo	Bacharelando em Ciências Ambientais (IESA - UFG)	NÃO
	Sergio Nogueira	Compilação & caracterização PAVAN (Pasture Validation Network)	Bacharelando em Ciências Ambientais (IESA - UFG)	NÃO
Apóio Técnico / pesquisadores CNPq - DTI	Janete R. Silva	Organização de bases de dados & portal	Geógrafa	NÃO
	Leandro L. Parente	Desenvolvimento plataformas de dados	Cientista da Computação	NÃO
	Roberto Paiva	Apoio computacional	Cientista da Computação	SIM
	Wanessa C. Silva	Apoio organização portal de dados	Cientista Ambiental	NÃO

REFERÊNCIAS

- Arantes, A.E., Ferreira, L.G., Coe, M.T. The seasonal carbon and water balances of the Cerrado environment of Brazil: Past, present, and future influences of land cover and land use. *Remote Sensing of Environment* (submetido).
- Araújo, F.M., Ferreira, L.G., Arantes, A.E. Distribution Patterns of Burned Areas in the Brazilian Biomes: An Analysis Based on Satellite Data for the 2002-2010 Period. *Remote Sensing*, 4, 1929-1946, 2012.
- Chen, T., de Jeu, R.A.M., Liu, Y.Y., van der Werf, G.R., Dolman, A.J. Using satellite based soil moisture to quantify the water driven variability in NDVI: A case study over mainland Australia. *Remote Sensing of Environment*, 140, 330-338, 2014.
- Feng, X., Liu, G., Chen, J.M., Liu, J., Ju, W.M., Sun, R., Zhou, W. Net primary productivity of China's terrestrial ecosystems from a process model driven by remote sensing. *Journal of Environmental Management*, 85 (3), 563-573, 2007.
- Ferreira, L.G., Huete, A.R. Assessing the seasonal dynamics of the Brazilian Cerrado vegetation through the use of spectral vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (10), 1837-1860, 2004.
- Ferreira, L.G., Fernandez, L., Sano, E.E., Field, C., Sousa, S.B., Arantes, A.E., Araújo, F.M. Biophysical Properties of Cultivated Pastures in the Brazilian Savanna Biome: An Analysis in the Spatial-Temporal Domains Based on Ground and Satellite Data. *Remote Sensing*, 5, 307-326, 2013.
- Kummerow, C.; Barnes, W.; Kozu, T.; Shiue, J.; Simpson, J. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 15, 1998.
- Lathuillière, M.J., Johnson, M.S., Donner, S.D. Water use by terrestrial ecosystems: temporal variability in rainforest and agricultural contributions to evapotranspiration in Mato Grosso, Brazil. *Environmental Research Letters*, 7, 1-12, 2012.
- Li, Z.L., Tang, R., Wan, Z., Bi, Y., Zhou, C., Tang, B., Yan, G., Zhang, X. A Review of Current Methodologies for Regional Evapotranspiration from Remotely Sensed Data. *Sensors*, 9, 3801-3853, 2009.
- Malhi, Y., Roberts, J.T., Betts, R.A., Killeen, T.J., Li, W., Nobre, C.A. Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science*, 319, 169-172, 2010.
- Meirelles, M.L., Franco, A.C., Farias, S.E.M., Bracho, R. Evapotranspiration and plant-atmospheric coupling in a Brachiaria brizantha pasture in the Brazilian savannah region. *Grass and Forage Science*, 66, 206-213, 2011.
- Mu, Q., Zhao, M., Running, S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. *Remote Sensing of Environment*, 115, 1781-1800, 2011.
- Rocha, G.F., Ferreira, L.G., Ferreira, N.C., Ferreira, M.E. Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. *Revista Brasileira de Cartografia*, 63, 341-349, 2011.
- Rosa, R., Sano, E.E. Determinação da Produtividade Primária Líquida (NPP) de Pastagens na Bacia do Rio Paranaíba, Usando Imagens MODIS. *GeoFocus*, 13, 367-395, 2013.
- Ruhoff, A.L. Sensoriamento Remoto Aplicado à estimativa da evapotranspiração em biomas tropicais. Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
- Trenberth, K.E., Fasullo, J.T., Kiehl, J. Earth's global energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 90 (3), 311-323, 2009.