

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Florestas
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica

*Lucilia Maria Parron
Junior Ruiz Garcia
Edilson Batista de Oliveira
George Gardner Brown
Rachel Bardy Prado
Editores Técnicos*

Embrapa
Brasília, DF
2015

Caracterização ambiental de duas regiões do Bioma Mata Atlântica no Paraná e sua importância para estudos em serviços ambientais

Elenice Fritzsos, Luiz Eduardo Mantovani, Venina Prates, Marcos Silveira Wrege

Resumo: O clima, a estrutura geológica, o solo, a vegetação e a hidrografia são interdependentes e condicionam a formação de paisagens naturais distintas e uma identidade própria, o que gera diferentes serviços ambientais. O objetivo deste trabalho é descrever, comparativamente, as regiões de Ponta Grossa e de Santo Inácio, especialmente em termos climáticos, mas também geológicos e pedológicos e de uso e cobertura da terra. Conclui-se que ambas as regiões apresentam como semelhança o relevo formado por extensas vertentes alongadas e por Latossolos Vermelhos, mas tem o clima como grande diferencial: há menor insolação, temperaturas médias e mínimas mais baixas, maior frequência de geadas e maior disponibilidade hídrica durante o ano em Ponta Grossa, comparado a Santo Inácio. Estas condições climáticas exercem influência na agricultura, na produtividade do ecossistema, na degradação da matéria orgânica, no uso e cobertura da terra e na influência sobre os serviços ambientais e, de forma mais direta, os serviços de provisão e de suporte.

Palavras chave: Campos Gerais, Noroeste do Paraná, componentes litoestruturais, clima, geologia.

Environmental characterization of two regions of the Atlantic Forest Biome in Paraná and its importance for studies of ecosystem services

Abstract: The climate, geological structure, soil, vegetation and hydrology are interdependent and form different types of natural landscapes. As a result of this interaction, diverse landscapes evolve, are created an identity and generate the varying ecosystem services. The aim of this study was to describe comparatively regions of Ponta Grossa and St. Inácio, especially in climatic terms, but also geological, pedological and land use. We conclude that the two sites have similar terrains formed by extended hillsides and Red Oxisols; however the major difference between them is the weather, which is much cooler in Ponta Grossa, with lower insolation, higher frequency of frosts and water availability during the year, compared to St. Inácio. These climatic conditions have an influence on agriculture, organic matter degradation, ecosystem productivity, in the land use, in the response of ecosystem and affect directly the ecosystem services for provisioning and supporting.

Keywords: litho-structural factors, ecosystem services, climate, land use.

1. Introdução

Segundo Sochava (1978), geossistema é uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais se encontram em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com o cosmos e com a sociedade humana. Somados, eles representam a paisagem modificada ou não pela sociedade. O estudo sobre geossistemas requer o reconhecimento e a análise dos componentes da natureza, sobretudo através das suas conexões (GUERRA; MARÇAL, 2006).

Dentre os componentes naturais do geossistema, o clima é o fator abiótico que exerce maior influência nos padrões de distribuição dos biomas na Terra e, em seguida, de forma mais local, estão as condições edáficas. Além de exercer forte influência nos fatores bióticos, o clima exerce influência sobre outros fatores abióticos, pois se considera que as estruturas geológicas, sob um mesmo clima, sofrem intemperismo, condicionam o relevo e dão origem às diferentes sequências ou associações de solos. As distintas paisagens formadas, por sua

vez, influenciam o uso e cobertura da terra, a produtividade e a riqueza econômica e, desta forma, gera-se a identidade de uma determinada região.

As regiões de Ponta Grossa e de Santo Inácio pertencem ao domínio do bioma Mata Atlântica, sendo que a primeira pertence ao ecossistema da Floresta Ombrófila Mista (fitofisionomia de campo natural estepe gramíneo-lenhosa) e a segunda à Floresta Estacional Semidecidual. Estas diferenças entre os ecossistemas ocorrem devido especialmente ao clima. Ponta Grossa está situada numa região de clima temperado quente ou subtropical de altitude e a segunda, em clima tropical. Considerando os tipos de serviços ambientais, esta diferença climática afeta diretamente os serviços de provisão ou produção, referentes aos produtos obtidos diretamente dos ecossistemas (alimentos e fibras, madeira para combustível e outros materiais que servem como fonte de energia, recursos genéticos, produtos bioquímicos, medicinais e farmacêuticos, recursos ornamentais, água, etc.) e os serviços de suporte (produção primária, produção de oxigênio atmosférico, formação e retenção de solo, ciclagem de nutrientes, ciclagem da água e provisão de habitat, etc.), os quais são necessários para a produção de outros serviços ambientais (ANDRADE; ROMERO, 2009). Deve afetar também a valoração dos serviços ambientais, pois o valor dos mesmos ocorre em função da oferta e demanda.

A influência do clima pode ser claramente observada tanto em um sistema natural (ecossistema), quanto em um sistema de produção agrícola. Utilizando como exemplo a matéria orgânica do solo, sabe-se que ela gera uma série de benefícios e serviços ecossistêmicos de suporte e regulação, pois condiciona a formação de agregados no solo, causa uma maior capacidade de tamponamento, o que influi na fertilidade, na ciclagem e na retenção de nutrientes, na produtividade agrícola, na melhor absorção da água precipitada, na recarga dos sistemas freáticos e na qualidade da água dos rios, além de outros benefícios. Todas estas implicações acabam por afetar também os serviços de provisão de alimentos e de água. Entretanto, o acúmulo ou decomposição da matéria orgânica do solo em sistemas naturais está sob forte influência de fatores climáticos e também edáficos.

Alvarez e Lavado (1998) avaliaram quarenta solos sedimentares (tipo loess) da região do Pampa e Chaco argentinos e concluíram que o teor de carbono orgânico do solo aumenta com o aumento da precipitação e diminui com a elevação da temperatura do ar, sendo o clima o fator principal na formação dos solos naquela região. Daí e Huang (2006) analisaram o teor de matéria orgânica em 886 solos em

diferentes partes da China e também chegaram a um resultado semelhante, considerando também as altitudes locais.

Assim, como Ponta Grossa apresenta um clima mais frio e mais úmido que Santo Inácio, a tendência é haver maior acúmulo ou uma decomposição mais lenta da matéria orgânica no solo, sem considerar os casos de má drenagem dos perfis em sistemas naturais, comparado a Santo Inácio. Este fato, potencialmente, afeta a infiltração de água no solo, a ciclagem de nutrientes, a quantidade de biomassa, os organismos do solo, a sua fertilidade, etc.

Outro exemplo se refere à produção primária líquida (PPL), relacionada ao serviço ambiental de suporte. A PPL indica a potencialidade de produção biológica, ou seja, a produtividade primária líquida do ambiente natural, sendo importante para o planejamento e orientação adequadas (sustentáveis) de políticas de uso e manejo dos ecossistemas (DALMAGO et al., 2008). A apropriação da PPL (APPL) fornece uma medida da intervenção humana na biosfera e os resultados podem ser úteis para estimar a margem para a utilização racional que existe em sistemas introduzidos, a exemplo do trabalho de Krausmann et al. (2013), que estimaram a APPL do planeta Terra entre os anos de 1910 a 2005.

APPL do ambiente natural (não antropizado ou pouco artificializado) consiste na quantidade total de matéria orgânica fixada pelos seres autótrofos, desconsiderando inclusive, a que foi utilizada nos processos respiratórios (ODUM, 1983). Ela é sensível ao clima, mas além dele, é afetada pela disponibilidade de nutrientes, tipo de vegetação, alteração da concentração de poluentes atmosféricos, ações antrópicas, diversidade de fauna herbívora, entre outros (FIELD et al., 1995).

Entre os elementos climáticos, os mais importantes que determinam a produção da vegetação natural são a temperatura do ar e a precipitação pluvial (RUNNING et al., 2004) e, com menor destaque, a disponibilidade de radiação solar (NEMANI et al., 2003). Entretanto, mais do que a precipitação, é importante verificar a disponibilidade hídrica ao longo do ano, ou seja, a diferença entre a precipitação e a evaporação atuando num determinado tipo de solo posicionado no relevo e sob um determinado tipo de cobertura vegetal. A ocorrência de eventos climáticos isolados também pode exercer grande influência: granizo, ventos muito fortes, secas ou concentrações pluviométricas anômalas, geadas fortes em locais onde sua probabilidade de ocorrência é muito baixa e/ou temperaturas muito elevadas ou muito baixas.

A região de Ponta Grossa comparada à de Santo Inácio, como é mostrado adiante neste capítulo, apresenta maior disponibilidade hídrica ao longo do ano e temperatura média

anual menor, aproximadamente 4 °C, o que deve resultar em produção de biomassa e de produtividade líquidas diferentes entre ambos os locais, dificultando comparações de resultados entre os serviços de provisão e suporte e, até mesmo, comparação entre a produtividade de sistemas artificiais. Além desta diferença, a região de Ponta Grossa apresenta maior frequência de geadas, o que restringe a adaptação e o plantio de certas culturas, especialmente de espécies tropicais.

Deve-se considerar também que uma maior disponibilidade hídrica pode gerar um maior excedente hídrico que, por sua vez, alimenta o sistema freático e o superficial, gerando, em princípio, maior quantidade de água disponível no sistema em Ponta Grossa, comparado a Santo Inácio, o que repercute nos serviços de provisão, suporte e regulação.

Os aspectos colocados acima são bastante complexos e requisitam estudos aprofundados, mas alertam para a necessidade de se conhecer os fatores abióticos ao se fazer comparações entre produtividades e serviços ambientais de locais distintos. Dentre os fatores abióticos, o clima, numa escala de importância, é o grande diferencial, seguido das condições edáficas. Entretanto, fatores abióticos tais como o uso e cobertura da terra, o manejo das culturas e dos solos são aspectos importantes e influentes que precisam ser levados em consideração ao se fazer estas comparações.

Levando em conta estes aspectos, o objetivo deste trabalho foi o de caracterizar o ambiente das regiões de Ponta

Grossa e Santo Inácio, locais onde há áreas experimentais do Projeto ServiAmbi, especialmente em termos climáticos e de uso e cobertura da terra.

2. Caracterização ambiental das áreas experimentais

Em termos hidrográficos, Ponta Grossa está situada na bacia do Alto Tibagi, sendo que as áreas experimentais da Embrapa e da Fazenda Modelo, que são próximas, estão na porção leste da bacia do Cará-cará, rio afluente da margem direita do rio Tibagi (Figura 1). Esta bacia, por sua vez, situa-se a leste de Ponta Grossa, e tomando a foz da bacia do Cará-cará na confluência com o Tibagi inclui também a drenagem urbana em sua porção oeste. A bacia é vizinha das bacias do Rio Verde, a noroeste, e do rio Botuquara, a sudeste. A área de contribuição da drenagem das áreas, tanto da Embrapa quanto da fazenda Modelo contempla campos cultivados e florestas (Embrapa) e campos nativos, usos com integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) e campos cultivados (Fazenda Modelo).

A área experimental de Vila Velha está situada nas proximidades do divisor de água Prata - Ribeira na porção inferior da bacia do Rio Quebra-perna, que também ocupa a porção leste do município de Ponta Grossa. Em seu curso inferior, o rio Quebra-perna drena a maior parte do Parque Estadual de Vila Velha e deságua no Rio Guabirola, após cruzar a rodovia BR376, onde ocorre a confluência com o Rio Barrozinho, este afluente da margem direita do rio Tibagi.

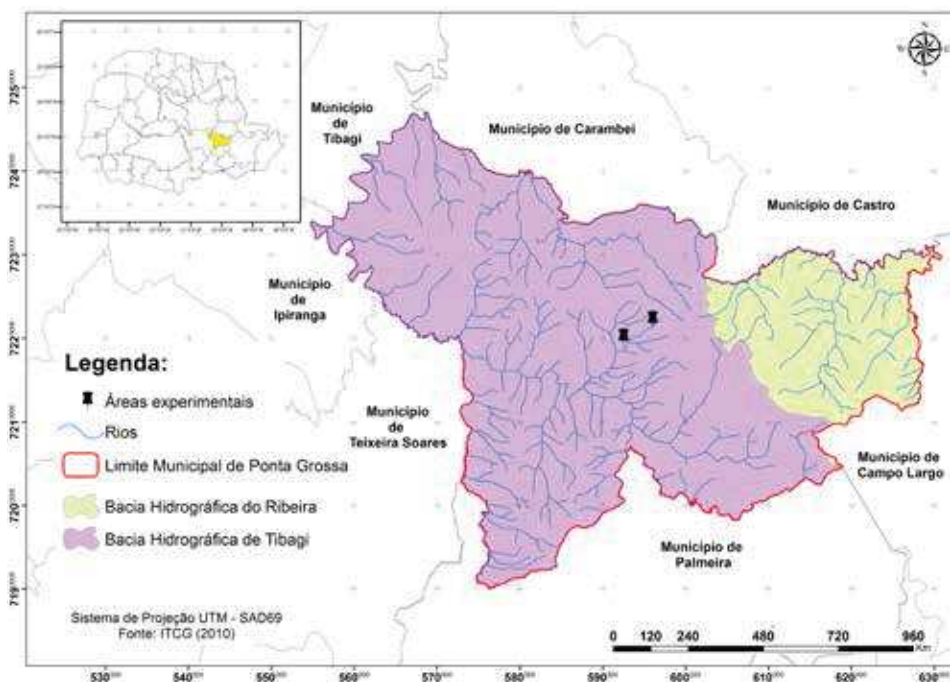


Figura 1. Área experimental em Ponta Grossa, PR.

A área experimental em Santo Inácio situa-se na calha do rio Paranapanema (Paranapanema 3- INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ, 2014), a qual faz divisa com o estado de São Paulo,

mais especificamente na bacia do Ribeirão Santo Inácio, que passa pela cidade de mesmo nome e deságua diretamente no Rio Paranapanema (Figura 2).

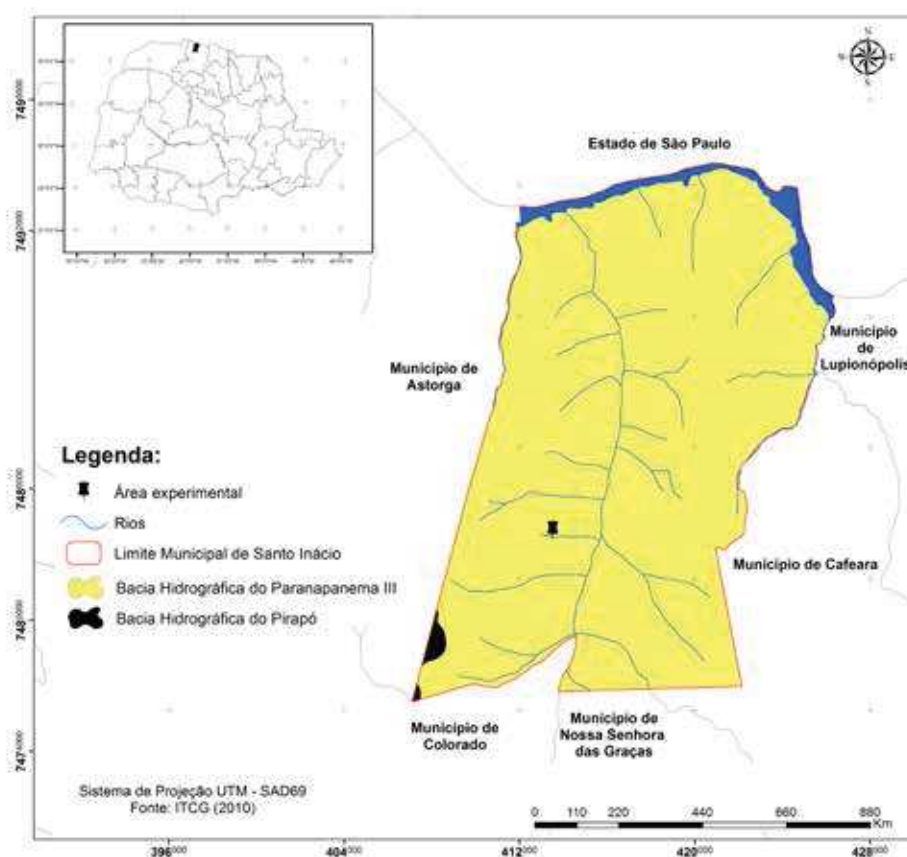


Figura 2. Área experimental em Santo Inácio, PR.

Quanto à vegetação natural, em Ponta Grossa predominam os “campos naturais de estepe gramíneo-lenhosa” (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS, 2011) que pertencem ao ecossistema da Floresta Ombrófila Mista. São os campos limpos, caracterizados por extensas áreas de gramíneas, do tipo savana gramíneo-lenhosa, com matas e capões em torno das nascentes e canais de drenagem. Esta formação está incluída na zona fitoecológica da Floresta Ombrófila Mista (VELOSO et al., 1991) com a dominância de *Araucaria angustifolia*, que se sobressai nas florestas e campos. O uso do solo na região de Ponta Grossa até 1989 era composto de campos e agricultura cíclica (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS, 2011) e, atualmente, de agricultura intensiva com culturas de trigo de inverno, soja e milho.

Em Santo Inácio, a vegetação natural é a Floresta Estacional Semidecidual sub-Montana (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS, 2011). Esta floresta cedeu espaço, ao longo da ocupação do território, à cultura do café, que chegou a ocupar 80% da bacia de Santo Inácio. Em 1975,

ocorreu uma grande geada no estado que dizimou boa parte dos cafezais e, assim, houve uma mudança de uso dos solos, pois a soja e o milho passaram a ser cultivados. Na década de 1980 estas culturas temporárias foram substituídas pela cultura da cana-de-açúcar e pelas pastagens (OLIVEIRA, 2012), além do reflorestamento de pinus e eucalipto. Estas fitofisionomias hoje dominam a paisagem regional.

A cana-de-açúcar é a cultura diferencial entre as duas regiões, pois apesar de haver terras planas propícias à mecanização em Ponta Grossa, o frio e o risco de geadas são fatores limitantes ao seu desenvolvimento, o que não ocorre no norte do estado. Já a soja pode ser cultivada tanto na região norte quanto na região sul do estado, observando-se os períodos livres da ocorrência de geadas para o plantio.

De acordo com a classificação de Köppen, no estado do Paraná domina o tipo C, mesotérmico. Em Santo Inácio, tem-se o Cfa (Clima subtropical, com verão quente), o mesmo que predomina no litoral e sul do Rio Grande do Sul, litoral de Santa Catarina, planalto norte e centro-leste do Paraná,

bacias dos rios Uruguai e Paraná e sudoeste do estado de São Paulo. Na região norte e noroeste do Paraná, o tipo climático também é designado como Cfa (h), sendo h designado por clima tropical original modificado pela altitude (CAVIGLIONE et al., 2000; MAACK, 1981; WREGE et al., 2011). No litoral comparece o Af, sem estação seca e isento de geadas.

Já em Ponta Grossa, tem-se o Cfb (Clima temperado, com verão ameno), o qual predomina no planalto do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, sul do Paraná, na região de Campos do Jordão (São Paulo), na região da Serra do Itatiaia (Rio de Janeiro), e no altiplano do Morro do Chapéu, na Bahia (CLIMA, 2011; WREGE et al., 2011).

Santo Inácio situa-se ao norte do paralelo 23° 27' S e pertence a uma das áreas mais quentes do estado, com clima similar a todas as áreas acima do Trópico de Capricórnio no Paraná, enquanto toda a região do Alto Tibagi apresenta um clima de região temperada quente (CAVIGLIONE et al., 2000; WREGE et al., 2011) e bem diferente daquele da região norte do estado. Deve ser realçado que no interior do Paraná a latitude do Trópico de Capricórnio realmente representa um limite climático, com uma transição gradual do clima tropical (norte e noroeste do Estado) para temperado (sul do estado).

Para comparar o clima da região de Ponta Grossa ao de Santo Inácio, tomou-se a estação de Paranavaí, que pertence ao IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), e que se encontra na mesma região geoclimática do Noroeste do Paraná (FRITZSONS et al., 2010).

Assim, foi observado que a pluviosidade de Ponta Grossa é muito parecida com a de Paranavaí (Santo Inácio) em

relação ao total anual, em torno de 1.500 mm, entretanto há mais dias de chuva em Ponta Grossa (média de 126) comparado a Paranavaí (Santo Inácio) (média de 113). O mês mais chuvoso em Ponta Grossa é janeiro (186,5 mm) e o menos chuvoso é agosto (78,9 mm). Em Paranavaí (Santo Inácio) o mais chuvoso também é janeiro (185,5 mm) e o mais seco é agosto (53,3 mm).

Quanto à erosividade da chuva, ou seja, a capacidade das chuvas em causar erosão, para o estado do Paraná ela varia entre 5.500 a 12.000 MJmmha⁻¹ano⁻¹ (RUFINO et al., 1993). Os dois locais estão situados em uma faixa isoerodente próxima de 6.790 MJmmha⁻¹ano⁻¹ para Ponta Grossa e de 7.340 MJmmha⁻¹ano⁻¹ para Santo Inácio (WALTRICK, 2010), ou seja, não são muito diferentes e se situam próximo a menor faixa do estado (entre 5.500 a 6.000 MJmmha⁻¹ano⁻¹).

Porém, se a erosividade das chuvas se encontra numa mesma faixa e a precipitação média anual é semelhante, o mesmo não ocorre para a disponibilidade hídrica. Em Paranavaí a diferença entre a precipitação e evaporação média anual é de 165 mm, enquanto que para Ponta Grossa é de 615 mm, ou seja, a disponibilidade hídrica de Paranavaí é menor, uma vez que a evaporação é bem maior. Pode-se observar também que em Paranavaí, em média, a evaporação é superior à precipitação nos meses de junho, julho e agosto, sendo este último bastante evidente, enquanto que em Ponta Grossa pode ocorrer um pequeno déficit apenas em agosto (Figura 3). Isto ocorre devido às diferenças no padrão de distribuição das chuvas, que são mais bem distribuídas durante o ano em Ponta Grossa e são mais concentradas no verão em Paranavaí.

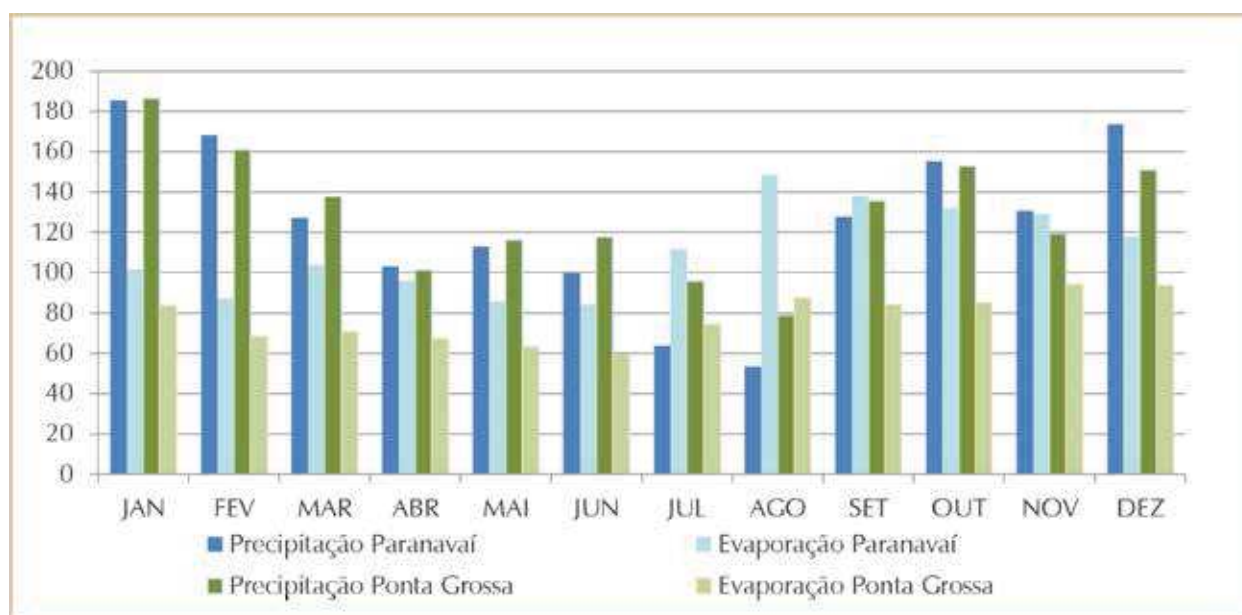


Figura 3. Comparativo entre a precipitação e evaporação nas estações de Ponta Grossa e Paranavaí, PR.

*Fonte: Elaborada a partir de dados do IAPAR (2014).

O excedente hídrico de 600 L/m² anuais em Ponta Grossa, representa a água disponível que pode ser utilizada pela vegetação natural e sistemas agrícolas ou que atinge os sistemas aquáticos superficiais e subterrâneos.

Ponta Grossa e Santo Inácio situam-se em latitudes diferentes, mas além da diferença latitudinal há também uma diferença na altitude entre os dois locais. Para o estado do Paraná, a altitude, a latitude e a longitude, nesta ordem, influenciam a temperatura média do ar e há uma diminuição média de 1 °C a cada 126 m de ascensão vertical, estimada por Fritzsos et al. (2008). Considerando que Santo Inácio apresenta uma altitude média de 380 m e Ponta Grossa de 880 m, temos uma diferença de 500 m entre elas. Assim, se a cada 126 m há diminuição de um grau na temperatura, isto resulta em uma diferença de 4 °C na temperatura média entre os dois locais apenas devido à altitude, não considerando a latitude e longitude. Entretanto, tomando como base a estação de Paranavaí para representar Santo Inácio, observamos que a diferença de altitude é de 400 m, o que resultaria numa diferença de 3 °C e não de 4 °C, como de fato ocorre ao se observar a Tabela 1. Isto não deve ser visto como um erro, uma vez que este gradiente (1 °C para 126 m) é um valor médio para todo o estado. Além disso, deve-se considerar que a latitude é diferente entre os dois locais e que outros aspectos climáticos, inclusive de microclima, devem estar influenciando os valores obtidos.

É interessante notar que não apenas a temperatura média anual, mas também a média das temperaturas mínimas e a média das máximas mantêm o valor aproximado de 4 °C de diferença entre os dois locais. A média do mês mais quente é janeiro para ambos locais, sendo em Ponta Grossa de 21,4 °C e Paranavaí de 25,1 °C e a média do mês mais frio é junho, também para ambos locais, sendo Paranavaí de 18,2 °C e

Ponta Grossa de 13,8 °C. Desta forma, a amplitude térmica anual entre janeiro e junho em Ponta Grossa é de 7,6 °C e em Paranavaí em 6,9 °C.

O vento exerce influência nos processos erosivos, na evapotranspiração, na fotossíntese e mesmo no espalhamento de aerossóis, incluindo agroquímicos. Em Ponta Grossa, devido a maior altitude, a velocidade média do vento é de 3,5 m s⁻¹ (varia entre 2,9 m s⁻¹ a 4,0 m s⁻¹) e Paranavaí de 2,2 m s⁻¹ (varia entre 2,0 m s⁻¹ a 2,8 m s⁻¹), sentido predominante nordeste para ambos. A importância do vento em Ponta Grossa é considerável, pois está num conjunto de municípios do estado, juntamente com Cascavel, Clevelândia (KIM et al., 2002; PEREIRA et al., 2009) e Bandeirantes (KIM et al., 2002) que apresentam potencial eólico passível de ser explorado e são áreas mais destacadas para a implantação de quebra-ventos. Deve-se observar que a exposição das parcelas experimentais ao vento deverão ser avaliadas *in loco*, pois esta informação é regional e pode haver parcelas experimentais mais ou menos expostas.

Na Tabela 1 são apresentadas as médias climáticas históricas de Ponta Grossa e de Paranavaí. A média de Ponta Grossa (EST.: Ponta Grossa / CÓD.: 02550024) se refere a um monitoramento de 46 anos e a de Paranavaí (EST.: Paranavaí / CÓD.: 02352017) de 36 anos. Santo Inácio está dentro da faixa de maior insolação do estado (acima de 2.600 h ano⁻¹) e Ponta Grossa está numa faixa entre 2.000 h ano⁻¹ a 2.200 h ano⁻¹. Há por volta de 500 h a mais de insolação média anual em Paranavaí (Santo Inácio). A insolação se refere ao número de horas em que a luz do sol chega até a superfície da Terra sem interferência de nuvens e ela é dependente do fotoperíodo e da nebulosidade, sendo que o fotoperíodo, por sua vez, depende da latitude e declinação solar. Desta forma, a insolação tem forte relação com a taxa fotossintética, com a produtividade líquida primária e produtividade dos sistemas naturais e introduzidos (agrícolas).

Tabela 1. Informações climáticas das estações de Ponta Grossa e Paranavaí.

| Estações | Altitude | Temperatura média (°C) | Média das temperaturas máximas (°C) | temperaturas mínimas | Média da UR (%) | Média precipitação anual (mm) | Média da evaporação (mm) | Média da insolação (horas) | Precipitação menos | Vento |
|---------------------|----------|------------------------|-------------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|-------|
| Ponta Grossa | 880 | 17,8 | 24,1 | 13,3 | 77,2 | 1554 | 930 | 2115 | 624 | 3,5 |
| Paranavaí | 480 | 22,0 | 28,4 | 17,8 | 69 | 1500 | 1327 | 2638 | 173 | 2,3 |

*Fonte: IAPAR (2014).

Não apenas em termos climáticos os dois locais são diferentes, pois Santo Inácio e Ponta Grossa estão situadas em planaltos diferentes do estado. Em termos geomorfológicos, o Paraná pode ser dividido em: Primeiro Planalto, ou Planalto de Curitiba, constituído sobre embasamento de rochas do Escudo do período Pré-Cambriano ao Eo-Paleozóico; Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa ou dos Campos Gerais, constituído sobre rochas sedimentares de idades do Paleozóico ao Mesozóico e o Terceiro Planalto ou Planalto de Guarapuava, mais recente, situado sobre rochas vulcânicas do Cretáceo com cobertura do Grupo Caiuá (na Região de Paranaíba). Tanto o 2º como 3º Planaltos se encontram sobre a bacia sedimentar do Paraná.

Ponta Grossa está situada no Segundo Planalto Paranaense, nos também chamados Campos Gerais. Este planalto é constituído por rochas sedimentares paleozóicas e rochas ígneas efusivas do estágio Valanginiano do Cretáceo inferior (o qual pertence os diques de diabásio) em altitudes que variam de 750 a 1.200 m s.n.m. A denominada “*escarpa devoniana*” delimita a leste os campos gerais e se estende numa forma de arco. Esta escarpa representa um verdadeiro degrau topográfico (*cuesta*), com paredes abruptas e verticalizadas, que separam o Primeiro do Segundo Planalto Paranaense (MENEQUZZO; MELO, 1985).

Além das *cuestas*, que tornam a topografia bastante acidentada, há também o enxame de diques, que constitui uma ocorrência de vários diques com uma mesma orientação, formando verdadeiros sistemas paralelos. Na região dos Campos Gerais ocorre um dos mais notáveis enxames de diques do Brasil, de direção noroeste-sudeste. Tais feições são decorrentes da estrutura do Arco de Ponta Grossa (AMARAL, 1985).

A fazenda experimental da Embrapa e a fazenda modelo do IAPAR situam-se sobre litologias do Grupo Paraná formada por rochas de idade devoniano e composição siliclástica das Formação Furnas, de idade Lochkoviana (Devoniano inferior), e Ponta Grossa, depositada entre o Praguiano e o Frasniano em ambiente marinho de plataforma (ROSTIROLLA et al., 2007). Estando a Fazenda Experimental situada sobre o contato dessas duas formações, tem-se no topo do Furnas litologias formadas por camadas de estrutura sub-horizontal com típicos arenitos arcósios finos, bem selecionados, de cor esbranquiçada e estratificação cruzada. Não devendo comparecer os típicos conglomerados frequentes na parte basal formados por seixos de quartzo. Devido à natureza arcósia (com feldspatos), os solos formados sobre a alteração desses arenitos possuem granulométrica areno-argilosa e, às vezes, siltosa nos tipos menos evoluídos.

Já sobre o material da Formação Ponta Grossa o Membro Jaguariá é a unidade que comparece na área com folhelhos acinzentados estruturados em laminação plano-paralela, chegando a apresentar poucas intercalações e lentes centimétricas de granulometria siltico/arenosa, ocorrendo estratificação cruzada cavalgante (*climbing ripples*) de pequeno porte e micro-hummocky (ROSTIROLLA et al., 2007).

Na área experimental no parque de Vila Velha há presença do arenito Itararé, do período carbonífero, com cor avermelhada devido à presença de minerais do ferro-magnesianos, que ao se intemperizarem se tornam avermelhados. Com o intemperismo eólico e fluvial este arenito resultou nas formas encontradas de grande beleza cênica, que, de acordo com Andrade e Romeiro (2009), pode-se atribuir o serviço ambiental cultural (ecoturismo e recreação, espiritual e religioso, estético e inspiração, educacional, senso de localização, herança cultural).

A geomorfologia, a geologia e o clima, condicionam a formação dos solos. No município de Ponta Grossa há predomínio do LVd (Latosolos Vermelhos Distróficos) e NVdf (Nitossolos Vermelhos Distroféricos). São solos profundos e bem drenados que se distribuem em toda a zona edafoclimática do Alto Tibagi (FRITZSONS et al., 2010; SANTOS et al., 2008) e estão também associados a solos menos intemperizados, onde se destacam os Cambissolos (CXa, CXbd) e, nas áreas ainda mais inclinadas, ocorrem os Neossolos Litólicos (RRe, RLdh, RLh), que são mais jovens.

A área experimental do projeto foi conduzida em área de Latossolo Vermelho distrófico. Esta classe de solos ocupa 10% da área do estado do Paraná, ou seja, pouco mais de 21.000 km² (SANTOS et al., 2008), sendo que estes solos variam quanto a textura (média a argilosa), relevo e associação com outras classes de solos, mas apresentam em comum o alto grau de intemperismo, a grande profundidade, a boa drenagem interna, a cor vermelha e o fato de serem distróficos, ou seja, a saturação de bases abaixo de 50% no horizonte B. Sendo assim, são solos pobres quimicamente e com baixa capacidade de retenção hídrica.

A área de Santo Inácio pertence ao Terceiro Planalto Paranaense ou Planalto do Trapp, ou ainda Planalto de Guarapuava no bloco do Planalto de Apucarana (MAACK, 1981), o qual apresenta substrato geológico de rochas vulcânicas basálticas também do estágio Valanginiano do Cretáceo inferior, presente apenas nas calhas fluviais principais (parte baixa da área experimental). As vertentes baixas e médias são geralmente constituídas sobre cobertura sedimentar da Formação Caiuá do Grupo Bauru do Cretáceo superior (parte mais elevada da Fazenda Experimental) constituída



por arenitos finos a médios, arroxeados, com estratificação cruzada de grande porte (eólicos e aluviais). Nos topos e interflúvios são encontrados sedimentos da Formação Santo Anastácio, também do Grupo Bauru, com arenitos muito finos a médios. São raros alguns leitos de lamitos avermelhados, com estratificação cruzada e plano-paralela constituindo depósitos de planície fluvial. O relevo é suave ondulado. Os locais onde prevalecem as rochas eruptivas do Cretáceo podem ser divididos em dois compartimentos: ambientes suavizados de interflúvios de alta estabilidade e relevos mais dissecados em patamar. Assim, nos locais mais aplainados da paisagem ocorrem solos mais profundos tais como Latossolos e Nitossolos e nas vertentes mais dissecadas que se dirigem a calha dos rios prevalecem Neossolos Regolíticos associados aos Nitossolos.

No município de Santo Inácio, predominam Latossolos Vermelho Distróficos, Argissolos Vermelhos Distróficos e os Gleissolos, estes últimos situados próximos às áreas do rio Paranapanema. De acordo com o mapa de solos do Paraná, o Latossolo que predomina em Santo Inácio é o LVd19 (Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta subtropical perenífólia, relevo suave ondulado de vertentes curtas) e o Argissolo predominante é o PVd2 (Argissolo Vermelho Distrófico típico, textura arenosa/média, A moderado, fase floresta tropical subperenífólia, relevo suave ondulado e ondulado) (SANTOS et al., 2008). Na área de pesquisa, está presente o Latossolo Vermelho Distrófico (FRANCHINI et al., 2011). Os solos são pobres em nutrientes e, em geral, derivados do arenito Caiuá.

As duas regiões são muito diferentes em termos geomorfológicos, geológicos e climáticos, entretanto, toda a área noroeste do estado do Paraná, de abrangência do arenito Caiuá, apresenta condições climáticas e, salvo exceções, edáficas, que se repetem em Santo Inácio (FRITZSONS et al., 2010) e condições similares podem ser encontradas ao norte do paralelo 23° 27' S, tanto no centro quanto no nordeste do estado do Paraná. Em Ponta Grossa, as condições climáticas e de solos similares ocorrem em toda a zona edafoclimática do Alto Tibagi (FRITZSONS et al., 2010), o que possibilita que os resultados de experimentos obtidos em Ponta Grossa possam ser extrapolados para uma área maior, tomando-se os devidos cuidados.

3. Considerações finais

Locais distintos em termos abióticos e bióticos podem gerar serviços ambientais diferentes e os dois locais, Santo

Inácio e Ponta Grossa, apresentam como semelhança o relevo de grandes vertentes, a predominância de solos pobres em nutrientes e bastante intemperizados (Latosolos), mas com boa estrutura e drenagem interna e derivados, especialmente, de arenitos, sendo os arenitos Ponta Grossa, Furnas e Itararé em Ponta Grossa e o arenito Caiuá em Santo Inácio.

O diferencial mais forte entre as duas regiões é o clima, que é mais frio (em média 4 °C menor) em Ponta Grossa, com maior frequência de geadas durante o ano, principalmente entre os meses de maio a setembro, com mais de 500 h, em média, de luz solar e com maior disponibilidade hídrica, especialmente no inverno. Estas condições climáticas influenciam a produtividade dos ecossistemas, a agricultura, a pecuária, a produção de água, a degradação ou conservação da matéria orgânica, o uso e cobertura da terra e os serviços ambientais, de uma forma mais direta, os serviços de suporte e provisão, embora os culturais e de regulação sejam também afetados.

Os aspectos colocados neste texto são bastante complexos, exigem estudos aprofundados e alertam para a necessidade de se conhecer os fatores abióticos, especialmente climáticos, e bióticos ao se fazer comparações entre serviços ambientais de locais distintos.

Agradecimentos

Agradecemos as seguintes fontes pelo suporte e financiamento: Termo de Cooperação Técnica Embrapa-Iapar no. 21500.10/0008-2 e projeto Embrapa-MP2 no. 02.11.01.031.00.01.

Referências

- ALVAREZ, R.; LAVADO, R. S. Climate, organic matter and clay content relationships in the Pampa and Chaco soils, Argentina. **Geoderma**, Amsterdam, v. 83, n. 1-2, p. 127-141, 1998.
- AMARAL, S. E. do; LEINZ, V. **Geologia geral**. 9. ed. São Paulo: Nacional, 1985.
- ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A. R. **Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e o bem-estar humano**. Campinas: Instituto de Economia, Unicamp, 2009. (IE/UNICAMP. Texto para discussão, 155).
- CAVIGLIONE, J.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.
- CLIMA. 2011. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 2 maio 2014.

DAI, W.; HUANG, Y. Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. *Catena*, v. 65, p. 87-94, 2006.

DALMAGO, G. A.; CUNHA, G. R. da; SANTI, A.; PIRES, J. L. F.; SCHWEIG, E. **Produtividade primária líquida do ambiente natural**: indicador de sustentabilidade de sistemas de produção agrícola. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 11 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 100). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/852558/1/pdo100.pdf>>. Acesso em: 2 maio 2014.

FIELD, C. B.; RANDERSON, J. T.; MALMSTRÖM, C. M. Global net primary production: combining ecology and remote sensing. *Remote Sensing Environment*, New York, v. 51, p. 74-88, 1995.

FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. P. da; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SICHIERI, F.; PADULLA, R.; DEBIASI, H.; MARTINS, S. S. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Noroeste do Paraná**. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 14 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 86). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/900702/1/CT86VE1.pdf>>.

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S. Carta de unidades geoclimáticas para o estado do Paraná para uso florestal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 30, n. 62, p. 129, out. 2010. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.62.129

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IAPAR. **Médias históricas**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1070>>. Acesso em: 20 mar. 2014.

INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ. **Comitês de Bacia Hidrográfica**. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=204>>. Acesso em: 31 mar. 2014.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Formações fitogeográficas**: Estado do Paraná. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Mapas_ITCG/PDF/Mapa_Fitogeografico_A3.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2014.

KIM, I. S.; GRODZKY, L. Frequência e intensidade dos ventos no estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 12., 2002, Foz de Iguaçu. **[Anais eletrônicos]**. 2002. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/11-39d9d07444293f30beacf24f4d26752c.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2014.

KRAUSMANN, F.; ERB, K-H.; GINGRICH, S.; HABERL, H.; BONDEAU, A.; GAUBE, V.; LAUK, L.; PLUTZAR, C.; SEARCHINGER, T. D. Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. **Proceedings of the National Academy of sciences**, Washington, DC, v. 110, n. 25, p. 10324-10329, 2013.

NEMANI, R.; LEELING, C. D.; HASHIMOTO, H.; JOLLY, W. M.; PIPER, S. C.; TUCKER, C. J.; MYNENI, R. B.; RUNNING, S. W. Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999. *Science*, Washington, DC, v. 300, p. 1560-1563, 2003.

MAACK, R. **Geografia física do Paraná**. 2. ed. Rio de Janeiro: J. Olímpio, 1981. 450 p.

MENEGUZZO, I. S.; MELO, M. S. Escarpa devoniana. In: DICIONÁRIO histórico e geográfico dos Campos Gerais. 1985. Disponível em: <<http://www.uepg.br/dicion/sumario.htm>>. Acesso em: 31 mar. 2014

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983. 434 p.

OLIVEIRA, R. B. de. **Evolução da paisagem e ocupação humana da bacia hidrográfica de santo Inácio – Paraná – Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Maringá, Maringá.

PEREIRA, L. M. P.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da; SILVA, D. A. B.; ELY, D. F.; GALDINO, J.; COSTA, A. Caracterização do regime de ventos no estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBA: UFV: CNPMS, 2009. Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2009/cba2009/155.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2014.

ROSTIROLLA, S. P.; VESELY, F. F.; FREITAS, R. C. **Mapeamento geológico da Folha de Ponta Grossa**: Escala: 1:100.000. Curitiba: MINEROPAR, 2007. Relatório Final.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná através da pluviometria: terceira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 17, p. 439-444, 1993.

RUNNING, S. W.; NEMANI, R. R.; HEINSCH, F. A.; ZHAO, M.; REEVES, M.; HASHIMOTO, H. A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production, **BioScience**, Washington, DC, v. 54, n. 6, p. 547-560, 2004.

SANTOS, H. G.; BHERING, S. B.; BOGNOLA, I. A.; CURCIO, G. R.; MANZATTO, C. V.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. da S.; AGLIO, M. L. D.; SOUZA, J. S. de. Distribuição e ocorrência dos solos no estado do Paraná. In: BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos (Ed.). **Mapa de solos do estado do Paraná**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Colombo: Embrapa Florestas. 1 mapa, 84,1x118,9 cm. Escala 1: 600.000.

SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre**. São Paulo: USP, 1978. 23 p. (Biogeografia, 14).

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124 p.

WALTRICK, P. C. **Erosividade de chuvas no Paraná: atualização, influência do “el niño” e “la niña” e estimativa para cenários climáticos futuros**. 2010. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336 p.