

Impactos de mudanças climáticas no risco de incêndio florestal

Flavio Deppe¹
Antonio Carlos Batista²
Alexandre França Tetto²
Marciel Lohmann¹
Gabriel Henrique de Almeida Pereira¹
Leocádio Grodzki³

¹ Sistema Meteorológico SIMEPAR
Caixa Postal 19100 – 81531-980 - Curitiba - PR, Brasil
{deppe, marciel, gabriel}@simepar.br

² Universidade Federal do Paraná - UFPR
80210-170 – Curitiba - PR, Brasil
{batistaufpr, tetto}@ufpr.br

³ Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR
82630-900 – Curitiba – PR, Brasil
lgrodzki@hotmail.com

Abstract. Forest fires are a result of the interactions between climate, fuels and human activities. There is an expectation that climate changes over the next 100 years will cause a major impact on forest ecosystems. The main aim of this study was to determine forest fire risk zoning for the state of Paraná, Brazil, based upon Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) scenarios (2007). Vegetation, moisture combustible material, Monte Alegre Formula (FMA), slope, altimetry, slopes orientation, population density and road system maps were used. This information, after being classified according to fire hazard risk was weighted in a model and outputs were then used to compose the Forest Fires Zoning Risk (ZRIF) per decade for the State. It was observed that for the best IPCC scenario, which considers an increase of 1.8 °C in Earth average temperature by the year 2100, there will be an increase in class extreme risk of forest fires, rising from 1.80% of the area of the State in 2020 to 8.49% in 2100. The same applies to the class of very high risk, which rises from 10.43% (2020) to 32.38% (2100). For the worst scenario, which considers an increase of 4.0 °C in Earth average temperature by the year 2100, the class of extreme risk rises from 2.18% (in 2020) to 22.72% (in 2100). The higher risk class rises from 13.93% (in 2020) to 55.95% (in 2100). If the IPCC predictions were confirmed, there will be an increase in the number of occurrences and area affected by forest fires in the state of Paraná, which will require integrated actions to prevent and suppress forest fires to minimize environmental, social and economic damage.

Palavras-chave: climate change, forest fuel, Monte Alegre Formula, fuel moisture, risk forest fire zoning, mudanças climáticas, combustível florestal, Fórmula de Monte Alegre, a umidade do combustível, o zoneamento de risco de incêndios florestais.

1. INTRODUÇÃO

Incêndios florestais atingem não só a cobertura vegetal, mas também as características do solo, a fauna e a atmosfera. De acordo com a terminologia de incêndios florestais proposta pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), “risco de incêndio” é definido como a probabilidade de um incêndio iniciar devido à presença e atividade de agentes causais ativos. Já o termo “perigo de incêndio” é utilizado para expressar o grau de envolvimento dos fatores fixos e variáveis que determinam a facilidade de ignição, taxa de propagação, dificuldade de controle e impacto dos incêndios, geralmente expresso como um índice (FAO, 2007).

A avaliação do risco de incêndios florestais é uma parte crítica na prevenção de incêndios, já que para o planejamento da pré-supressão e combate aos incêndios são necessárias ferramentas para monitorar quando e onde um incêndio pode ocorrer ou quando os seus efeitos serão mais negativos (CHUVIECO et al., 2010).

Vários pesquisadores têm desenvolvido zoneamento de risco de incêndios florestais, utilizando métodos que permitem associar os fatores ambientais de uma região com os incêndios florestais, possibilitando, desta forma, mapear o risco potencial de incêndios dessa área em função da sensibilidade dos fatores analisados em relação ao fogo. Os principais fatores utilizados nesses estudos, para estabelecer os níveis de risco de incêndios florestais, são: tipo de cobertura vegetal, características do material combustível, variáveis meteorológicas (temperatura e umidade relativa do ar, velocidade e sentido dos ventos e precipitação), topografia e atividades humanas geradoras de ignição (estradas, demografia e tipo de uso e ocupação da terra) (SALAS e CHUVIECO, 1994; FERRAZ e VETTORAZZI, 1998; VERDE, 2008; CHUVIECO et al., 2010; MARQUES et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2012).

As mudanças climáticas podem afetar o número de incêndios ocorridos anualmente, a duração da estação de incêndios, a área queimada por incêndios e pode aumentar a intensidade do fogo. As alterações nestas propriedades do fogo significam incêndios sazonais mais frequentes e com maior intensidade e, portanto maior potencial de incêndio (IPCC, 2007). Vários estudos têm demonstrado o impacto das mudanças climáticas no comportamento dos incêndios florestais em várias partes do mundo, como por exemplo, Liu et al. (2010) sobre tendências globais do potencial de incêndios florestais em função das mudanças climáticas, e as pesquisas realizadas por Westerling e Bryant (2008) sobre as mudanças climáticas e incêndios florestais na Califórnia. Ainda, estudos recentes realizados por Flannigan et al. (2009a,b) sugerem uma duplicação das áreas queimadas e um aumento de 50% das ocorrências em várias partes das florestas boreais até o final deste século. As estações de incêndios estão se alongando nas regiões temperadas e boreais e essa tendência deve continuar nas regiões mais quentes do mundo.

O Paraná é um estado com longa tradição no uso e manejo dos recursos florestais, principalmente devido à exploração das extensas áreas de floresta com araucária que cobriam quase todo território paranaense em meados do século 20 (MAACK, 2012). É também o estado em que ocorreu um dos maiores incêndios florestais do mundo, que em 1963 queimou uma área de 2 milhões de hectares, sendo 20.000 hectares de plantações, 500.000 hectares de florestas primárias e 1.480.000 hectares de campos, florestas secundárias e capoeiras (SOARES; BATISTA, 2007). E desde essa época, o Paraná tem sido pioneiro em pesquisas sobre controle de incêndios florestais no Brasil (SOARES et al., 2009).

Tendo em vista a importância do zoneamento de risco de incêndios florestais e considerando-se a hipótese de que a frequência e a intensidade dos incêndios florestais irão aumentar em função de mudanças climáticas que indicam o aquecimento global, o objetivo desse trabalho foi avaliar o risco de incêndios florestais para o estado do Paraná, considerando os cenários previstos pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) em 2007.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A área de estudo compreende todo o território do estado do Paraná, situado entre os paralelos de 22° 30' 58'' de latitude norte e 26° 43' 00'' de latitude sul e os meridianos 48° 05' 37'' e 54° 37' 08'' a oeste de Greenwich. O território paranaense compreende uma área de 199.281 km², que corresponde a 2,3% da área do Brasil e 34,6% da área da região sul. Possui 399 municípios, 10.444.526 habitantes e densidade demográfica média de 52,40 hab/km², (dados de 2010). No Paraná as altitudes variam desde o nível do mar até 1.922 m no Pico do Paraná, localizado na Serra do Mar, ponto mais elevado do estado e também da região sul (IBGE, 2000, 2010).

O Estado possui dois tipos dominantes de clima, tendo um terceiro abrangendo pequena área territorial entre a faixa litorânea e o Vale do Ribeira (IAPAR, 1994). Segundo a

classificação de Köppen (TREWARTHA; HORN, 1980), baseada na temperatura e pluviosidade, o Paraná possui os tipos climáticos Cfa, Cfb e Af.

O trimestre menos chuvoso ou mais seco (junho, julho e agosto) mostra que as regiões sudeste e sul são as que têm maior precipitação (entre 350 e 450 mm) seguidas de parte da região sul, centro e oeste (250 a 350 mm), reduzindo-se na região norte, à medida que se aproxima da margem do rio Paranapanema, divisa com o estado de São Paulo (150 a 250 mm). A combinação de baixas temperaturas com ocorrência de geadas (GRODZKI et al., 1996) e a diminuição da precipitação fazem desse trimestre o mais propício à seca, tornando-se suscetível aos incêndios florestais.

2.1. Análise dos Dados

Os dados foram os seguintes:

- Temperatura, umidade relativa e precipitação (série histórica) das 28 estações meteorológicas do IAPAR de um período de 40 anos (1970 a 2010);
- Altitude, declividade e orientação de encostas (INPE, 2008);
- Densidade demográfica (IBGE, 2010);
- Mapa com o limite estadual e a malha municipal do estado do Paraná, em escala de 1:250.000 (IBGE, 2007);
- Mapa da cobertura vegetal do Paraná (PROBIO, 2005);
- Mapa do sistema viário do Paraná (DER, 2010).

O método consistiu na elaboração de mapas de risco preliminares para cada variável em estudo: cobertura vegetal, umidade do material combustível, índice de perigo de incêndios (FMA), declividade do terreno, hipsometria, orientação das encostas, densidade demográfica e sistema viário. Todos os dados utilizados foram classificados em 5 classes, por meio do método do Quantil. Para realização da espacialização dos dados pontuais das estações meteorológicas, fez-se a interpolação por meio do Método de Kriging.

A declividade, altimetria e orientação das encostas foram consideradas variáveis estáticas para o período analisado, tendo sido obtidas a partir do TOPODATA (INPE, 2008). As classificações foram feitas com base em Soares e Batista (2007), Salas e Chuvieco (1994) e Ferraz e Vettorazzi (1998), respectivamente.

Tendo em vista que a distância em relação ao sistema viário é inversamente proporcional ao risco de incêndio florestal, foram delimitadas áreas de influência a partir dos eixos das estradas municipais, estaduais, federais e linhas férreas, adaptada de Salas e Chuvieco (1994).

Para se espacializar a variável densidade demográfica foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes aos censos de 1991, 2000 e 2010 para cada município do estado do Paraná, como também as estimativas populacionais de 2000 a 2009. Inicialmente foi necessário estimar a população a cada década para posterior cálculo da densidade. Para isso, foi utilizado o método de Von Sperling (2005), sendo utilizada a projeção populacional denominada taxa decrescente de crescimento. Os valores observados para a densidade demográfica por município foram distribuídos em cinco classes adaptadas de Guillermo Julio (1992).

A estimativa das variáveis meteorológicas foram realizadas através simulações estocásticas, com o programa PGECLIMA_R (VIRGENS FILHO *et al.*, 2011) para o período de 2010 a 2100. O índice acumulativo de perigo de incêndios foi calculado para o mesmo período e para os dois cenários, utilizando a Fórmula de Monte Alegre (FMA).

Os dois cenários gerados foram de acordo com o relatório do IPCC de 2007, onde:

- i) melhor cenário - aumento de 1,8 °C na temperatura média da Terra até 2100; e
- ii) pior cenário - acréscimo de 4,0 °C na temperatura média da Terra até 2100.

A umidade do material combustível foi então estimada pela Equação (1), proposta por Simard (1968):

$$E = 21,06 - 0,4944.H + 0,005565.H^2 - 0,00063.H.T \quad (H > 50) \quad (1)$$

Em que:

E = umidade do material combustível, em porcentagem;

H = umidade relativa do ar, em porcentagem;

T = temperatura do ar, em °C.

Desta forma, esses mapas foram integrados por meio de uma soma ponderada das características dos combustíveis, condições meteorológicas e fontes de ignição, conforme a Equação (2):

$$RIF = 0,33 * ((MC + UMC) / 2) + 0,33 * ((FMA + DE - Hipsos + Orient) / 4) + 0,33 * ((DD + SV) / 2) \quad (2)$$

Onde:

RIF = risco de incêndio florestal calculado em cada unidade de análise;

MC = material combustível;

UMC = umidade do material combustível;

FMA = índice de perigo de incêndios;

DE = declividade do terreno;

Hipsos = altimetria;

Orient = orientação das encostas;

DD = densidade demográfica;

SV = distribuição do sistema viário.

O mapa de risco final foi obtido da álgebra entre os mapas de risco preliminares (SALAS; CHUVIECO, 1994, SOUSA *et al.*, 1996; FERRAZ; VETTORAZZI, 1998). Os dados obtidos foram classificados em cinco classes de risco (baixo, moderado, alto, muito alto, extremo), utilizando o método Quantil. Em seguida, foram gerados mapas para o melhor e pior cenários.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O risco de incêndios em função da altimetria mostrou que grande parte do estado foi classificado nos graus de risco alto, muito alto e extremo, totalizando 98,23% da área (altitude menor que 1200 m s.n.m.). Conforme Hernandez-Leal *et al.* (2006), a altitude é uma variável fisiográfica que está associada com a temperatura, a umidade e o vento. Portanto, ela tem um papel importante na propagação do incêndio.

Em termos de declividade, o estado apresentou-se em grande parte nas classes de risco baixo e moderado. A classe de risco baixo totalizou 12.802.087,64 ha (64,41% da área do estado) e a classe moderado 3.845.465,64 ha (19,35% do estado). O risco extremo se concentrou na Serra do Mar e no Vale da Ribeira e correspondeu a 3,00% da área total. De acordo com Adab *et al.*, 2013, a declividade é um dos parâmetros que influencia a taxa de propagação do fogo, pois o fogo se move mais rapidamente subindo as encostas e mais lentamente descendo.

As classes de risco de incêndios em função da orientação das encostas que mais se destacaram foram baixo, com 36,59% da área, seguida da muito alto, com 25,20% e alto, com 12,93%. A orientação das encostas está correlacionada com a quantidade de energia solar que uma área recebe (SOARES; BATISTA, 2007). As encostas voltadas para o norte recebem mais luz do sol e apresentam altas temperaturas, ventos fortes, baixa umidade e

umidades baixas de combustível no hemisfério sul. Portanto, a vegetação é tipicamente mais seca e menos densa nas encostas norte do que as voltadas para o sul (VADREVU *et al.*, 2010; SOARES; BATISTA, 2007).

O sistema viário apresentou uma área de influência de 831.534,89 ha (4,38% da área do estado). Essa área está dividida em 170.692,29 ha no grau de risco baixo, 167.645,26 ha no grau de risco moderado, 166.028,33 ha no grau de risco alto, 164.268,51 ha no grau de risco muito alto e 162.900,50 ha no grau de risco extremo. O sistema viário não apresentou influência em 95,62% da área do estado.

A simulação da densidade demográfica e sua classificação em termos de risco de incêndio florestal mostrou uma manutenção do maior risco nas regiões norte, leste e oeste do estado. O estado possuía, em 2010, 76,41% da sua área na classe de risco baixo, valor que apresentou queda no período analisado, passando para 69,70% da área. A classe de risco extremo passou de 7,83% para 12,72%, o que representou um crescimento de 62,4%. Os seres humanos são os causadores da grande maioria dos incêndios e, portanto a densidade demográfica é um fator que expressa o efeito onipresente da população sobre a ignição e propagação do fogo.

O mapa de risco de incêndios florestais em função da cobertura vegetal apresentou uma área de 4.263.177,93 ha (21,53% da área do estado) na classe de risco extremo, enquanto a área referente à classe muito alto totalizou 6.187.629,95 ha (31,25%). Essas áreas se concentraram na região leste e noroeste do estado. Na região leste encontram-se os remanescentes florestais mais extensos do estado, enquanto na região noroeste predominam extensas áreas de pastagens. Essas áreas de maior risco refletem a maior inflamabilidade da vegetação quando comparadas com os outros tipos de vegetação encontrados no estado do Paraná.

Quanto à umidade do material combustível, no melhor cenário da simulação, não foram observadas classes com risco muito alto e extremo em 2020. Em 2100 essas classes já cobriam mais da metade do estado (56,08%), sendo que a classe extrema se concentrou na região norte, com 11,97% da área do estado. O pior cenário da simulação também não apresentou as classes mais extremas (muito alto e extremo) em 2020, quando comparado ao melhor cenário. No entanto, em 2100, grande parte do estado foi classificado na classe de risco extremo de incêndio florestal, totalizando 91,33%. O conteúdo de umidade é a mais importante propriedade que controla a inflamabilidade dos combustíveis vivos e mortos (SOARES; BATISTA, 2007) e, portanto, tem grande influência sobre o risco de incêndios (ADAB *et al.*, 2013). A umidade do material combustível é o reflexo do clima e das condições atmosféricas. Os resultados mostraram que à medida que o clima vai se tornando mais seco ao longo dos anos, de acordo com os cenários do IPCC de 2007, mais extensas as áreas onde os combustíveis florestais estão mais secos e, portanto mais perigosos e mais inflamáveis.

Com relação à simulação para o melhor cenário do FMA, observou-se uma discreta variação espacial do comportamento do índice, com pouca variação em termos de área no estado. Em 2020 as classes alto, muito alto e extremo totalizaram 62,58% do estado, mantendo-se praticamente nesta extensão em 2100. Para o pior cenário, notou-se uma variação espacial significativa no período analisado, sendo que as classes muito alto e extremo ocuparam mais da metade do estado no final do período. Neste cenário, as classes alto, muito alto e extremo que totalizavam 56,82% do estado em 2020, alcançam 96,89% da área em 2100.

Na Figura 1 são apresentados os zoneamentos de risco de incêndios florestais para o estado do Paraná, considerando as previsões de melhor e pior cenários, segundo o IPCC, nos anos 2020 e 2100. Nas Figuras 1(a) e 1(b) são os zoneamentos de risco de incêndios

florestais, nos anos 2020 e 2100, para o melhor cenário, respectivamente; enquanto na Figura 1(c) e 1(d), são os anos de 2020 e 2100, para o pior cenário, respectivamente.

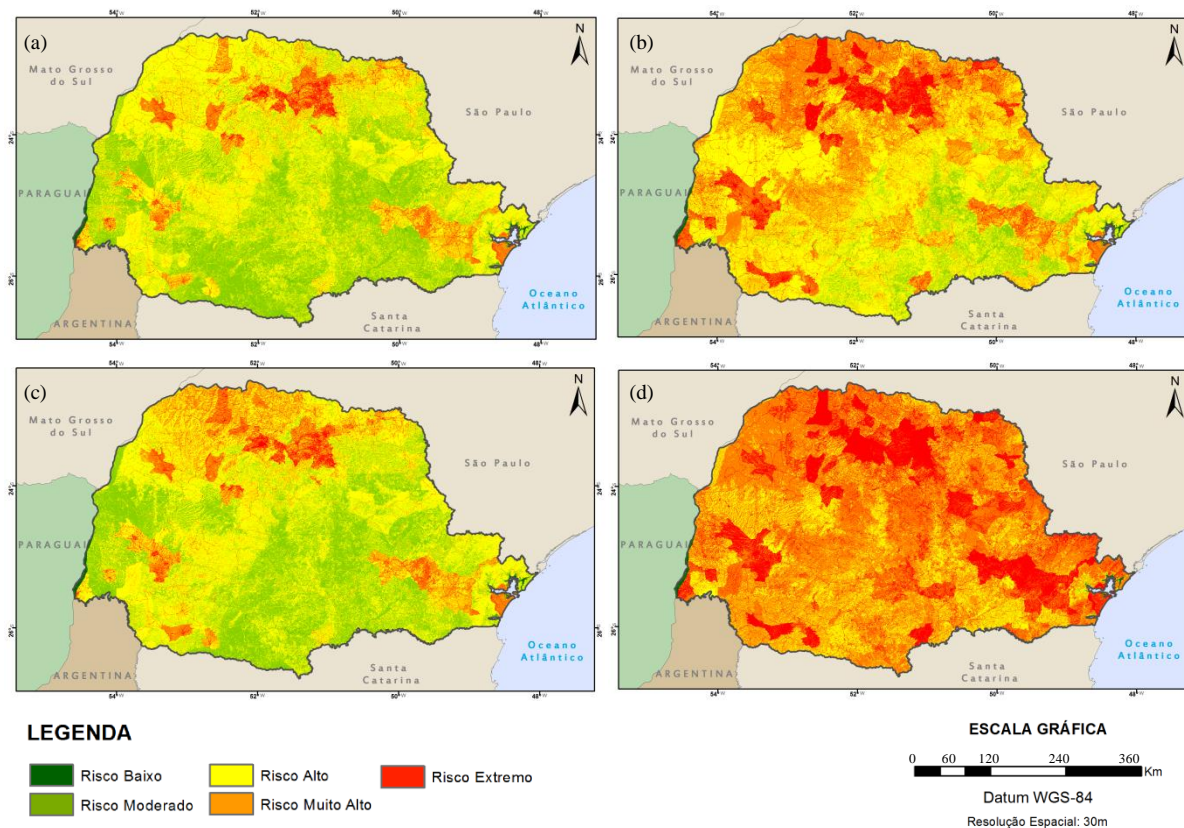


Figura 2. Risco de Incêndio Florestal. (a) em 2020 no melhor cenário; (b) em 2100 no melhor cenário; (c) em 2020 no pior cenário; (d) em 2100 no pior cenário.

Para o melhor cenário, em 2020 (Figura 1(a)), o risco estava concentrado nas classes moderado e alto, com 33,04% e 54,64%, respectivamente. Áreas situadas na região norte do estado e no entorno da Região Metropolitana de Curitiba concentravam grande parte do risco extremo de incêndios florestais. Este valor se ampliou para o ano de 2100, ainda no melhor cenário (Figura 1(b)), uma vez que a área correspondente à classe de risco baixo foi de 0,01%, enquanto a classe moderado correspondeu a 7,66%, a classe alto a 51,47%, a classe muito alto a 32,38% e a classe extremo a 8,49%.

Para o ano de 2020, para o pior cenário (Figura 1(c)), grande parte do estado se apresentou na classe de perigo alto (51,74% da área), seguido pelo moderado (32,08%) e muito alto (13,93%). Em 2100, para o pior cenário (Figura 1(d)), o estado não apresentou mais área na classe de risco baixo. A classe de risco moderado correspondeu a 0,07% do estado, a classe alto passou para 21,27% e as classes muito alto e extremo, ambas com significativo incremento, representaram para 55,95% e 22,72% da área total.

4. CONCLUSÕES

As variáveis dinâmicas (densidade demográfica, umidade do material combustível, índice de perigo de incêndios – FMA – e zoneamento de risco de incêndios florestais) apresentaram incremento nas classes mais altas de perigo de incêndios ao longo do tempo. Esse comportamento foi observado tanto para o melhor quanto para o pior cenários de aumento de temperatura (de acordo com o IPCC). O modelo de integração de dados utilizado demonstrou gerar resultados coerentes, tendo em vista que a espacialização das classes de risco obedeceu

uma evolução de acordo com os decêndios. A hipótese de que haverá um maior risco de incêndios florestais, caso ocorra um aumento na temperatura média da Terra, foi aceita. Conclui-se que, caso se confirmem as previsões do IPCC, haverá um aumento no número de ocorrências de incêndios florestais no estado do Paraná, o que exigirá ações integradas de prevenção e combate a incêndios florestais para minimizar possíveis danos ambientais, sociais e econômicos.

AGRADECIMENTOS

Ao FINEP por possibilitar a realização deste trabalho.

Aos profissionais do IAPAR e SIMEPAR: Paulo H. Caramori, Luciane C. Pinheiro, Roberto O. Santos, Fábio Sato e Livia M. Pereira por todo o apoio.

Aos bolsistas do Laboratório de Incêndios Florestais da Universidade Federal do Paraná, SIMEPAR e IAPAR: Igor K. Takashina, Regiane K. de Sousa, Luciana L. Pereira, Rafaela de Assunção, Chaiane C. R. Leiva e João J. Sabóia.

REFERÊNCIAS

- ADAB, H.; KASTURI DEVI KANNIAH, K. D.; SOLAIMANI, K. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. *Nat Hazards*, v. 65, p. 1723 – 1743, 2013.
- CHUVIECO, E.; AGUADO, I.; YEBRA, M.; NIETO, H.; JAVIER SALAS, J.; MARTÍN, M. P.; VILAR, L.; MARTÍNEZ, J.; MARTÍN, S.; IBARRA, P.; LA RIVA, J.; BAEZA, J.; RODRÍGUEZ, F.; MOLINA, J. R.; HERRERA, M. A.; ZAMORA, M. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling*, v. 221, p. 46 – 58, 2010.
- DER - DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. Mapa político rodoviário do estado do Paraná, 2010. (Escala 1:200.000).
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Fire management: global assessment 2006. Roma, 2007. 159 p. (FAO Forestry Paper 151).
- FERRAZ, S. F. B.; VETTORAZZI, C. A. Mapeamento de risco de incêndios florestais por meio de sistema de informações geográficas (SIG). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 53, p. 39 – 48, jun. 1998.
- FLANNIGAN, M. D.; KRAWCHUK, M. A.; GROOT, W. J.; WOTTON, B. M.; GOWMAN, L. M. Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire*, v. 18, p. 483 – 507, 2009a.
- FLANNIGAN, M. D.; STOCKS, B. J.; TURETSKY, M. R.; WOTTON, B. M. Impact of climate change on fire activity and fire management in the circumboreal forest. *Global Change Biol.*, v. 15, p. 549 – 560, 2009b.
- GRODZKI, L.; CARAMORI, P. H.; BOOTSMA, A.; OLIVEIRA, D.; GOMES, J. Risco de ocorrência de geadas no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 93 - 99, 1996.
- GUILLHERMO JULIO, A. Método de determinación de prioridades de protección. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 1992. 27 p. (Manual n. 10).
- HERNANDEZ-LEAL, P. A.; ARBELO, M.; GONZALEZ-CALVO, A. Fire risk assessment using satellite data. *Advances in Space Research*, v. 37, p. 741 – 746, 2006.
- IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO ESTADO DO PARANÁ. Cartas climáticas do estado do Paraná. Londrina: IAPAR, 1994. 45 p. (Documento 18).
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, v. 60, 2000.
- _____. Mapa do estado do Paraná. Brasília: IBGE, 2007. Escala 1:250.000.

- _____. Censo2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 11/12/2012.
- INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. TOPODATA: banco de dados geomorfométricos do Brasil 2008. Disponível em: <www.dsr.inpe.br/topodata/>. Acesso em: 11/12/2012.
- IPCC - PAINEL INTERGOVERNAMENTAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Relatório do IPCC/ONU: novos cenários climáticos, 2007. 21 p.
- LIU, Y.; STANTURF, J.; GOODRICK, S. Trends in global wildfire potential in a changing climate. *Forest Ecology and Management*, v. 259, p. 685 – 697, 2010.
- MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. 4. ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012, 526 p.
- MARQUES, S.; BORGES, J. G.; GARCIA-GONZALO, J.; MOREIRA, F.; CARREIRAS, J. M. B.; OLIVEIRA, M. M.; CANTARINHA, A.; BOTEQUIM, B.; PEREIRA, J. M. C. Characterization of wildfires in Portugal. *Eur J Forest Res*, v. 130, p. 775 – 784, 2011.
- OLIVEIRA, S.; FRIDERIKE OEHLER, F.; SAN-MIGUEL-AYANZ, J.; CAMIA, A.; PEREIRA, J. M. C. *Forest Ecology and Management*, v. 275, p. 117 – 129, 2012.
- PROBIO. Mapa de cobertura vegetal, 2005. Disponível em: <<http://homolog-w.mma.gov.br/index.php?id=conteudo.monta&idEstrutura=14>>. Acesso em: 11/12/2012.
- SALAS, J.; CHUVIECO, E. Geographic information systems for wildland fire risk mapping. *Wildfire*, Washington, v. 3, n. 2, p. 7 – 13, jun. 1994.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo. Curitiba, 2007. 250 p.
- SOARES, R. V.; BATISTA, A. C.; NUNES, J. R. S. Incêndios florestais no Brasil – o estado da arte. Curitiba, 2009. 246 p.
- SOUSA, C.; PINHEIRO, D.; GRILO, F.; GUERREIRO, J.; MENDONÇA, M.; CARIDADE, M. L.; CASTRO, M.; MESQUITA, P.; ALMEIDA, R. Relatório do projeto de cartografia de risco de incêndios florestais, 1996. Disponível em: <<http://valpacos.no.sapo.pt/relatorioflorestal.html>>. Acesso em: 07/11/2013.
- TREWARTH, G. T.; HORN L. H. An introduction to climate. New York: McGraw-Hill, 1980. 416 p.
- VADREVU, K. P.; EATURU, A.; BADARINATH, K. V. S. Fire risk evaluation using multicriteria analysis: a case study. *Environ Monit Assess*, n. 166, p. 223 – 229, 2010.
- VERDE, J. C. Avaliação da perigosidade de incêndio florestal: Liboa – Portugal. 109 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Departamento de Geografia, Lisboa, Portugal, 2008.
- VIRGENS FILHO, J. S.; FÉLIX, R. P.; OLIVEIRA, P. M.; LEITE, M. de L. PGECLIMA_R - gerador estocástico de cenários climáticos, 2011.
- VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: UFMG, 2005. 452 p.
- WESTERLING, A. L.; BRYANT, B.P. Climate change and wildfire in California. *Climatic Change*, v. 87, p. S231 - S249, 2008. (Supl)