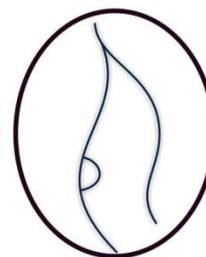




INTERFACE  
ISSN 1806-6062



---

nemad@uft.edu.br - Interface (Porto Nacional), Edição número 05, Outubro de 2012.

---

## Análise da distribuição de focos de calor no Tocantins entre 2002 e 2011

Gustavo Maximiano Junqueira Lazzarini – IBAMA-TO  
Luiz Carlos Costa Ferreira – Defesa Civil-TO  
Maryelle Ferreira Garcia Felicíssimo – Defesa Civil-TO  
Ronaldo Gomes Lira – Defesa Civil-TO  
Anizio Goveia Justino – Naturatins  
Carlos Sérgio Gomes – Naturatins  
João Carlos Noleto Ribeiro – SEMADES  
Gudmar Regino Dias Magalhães – IBAMA-TO

**Resumo:** O Tocantins está entre os Estados brasileiros com maior quantidade de focos de calor nos últimos anos. Os focos de calor são gerados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais após detecção por sensoriamento remoto. Neste trabalho, foi analisada a distribuição de focos de calor no Estado do Tocantins entre 2002 e 2011 nas seguintes tipologias de cobertura, uso e ocupação do solo: biomas Amazônia e Cerrado; corpos d'água, áreas antropizadas e nativas do Cerrado; áreas urbanas e entorno; entorno de localidades (aldeias indígenas, agrovilas de assentamentos, povoados, vilas, etc.); entorno de rodovias; entorno dos depósitos de resíduos sólidos; assentamentos de reforma agrária e entorno; terras indígenas e entorno; unidades de conservação e entorno. Os anos de 2007 e 2010 apresentaram a maior incidência de focos de calor. O bioma Amazônia teve menor concentração de focos do que o Cerrado. Neste, a maior concentração foi nas áreas com vegetação nativa. Assentamentos de reforma agrária, entorno de localidades e terras indígenas foram as tipologias mais críticas. Destacam-se as terras indígenas, cuja extensão corresponde a 7,3% da área total do Estado, que tiveram em média 12,8% do total de focos de calor. Unidades de conservação tiveram concentração de focos menor do que a média geral do Estado.

Palavras-chave: focos de calor, queimadas, incêndios florestais

**Abstract:** Tocantins has been among the Brazilian States with higher quantity of hotspots in the recent years. The hotspots are produced by the National Space Research Institute by remote sensing. In the present study, it was analyzed the hotspots distribution in Tocantins State from 2002 to 2011 on the following land cover and landscape: Amazônia and Cerrado biomes; hidric networks, anthropic and native Cerrado's areas; urban areas and around; around localities (indigenous settlements, villages, settlements rural villages, etc.); around highways; around landfills; rural settlements from agrarian reform and around; indigenous lands and around; protected areas and around. The years 2007 and 2010 were the highest hotspots account. The Amazônia biome was lower hotspots concentration than the Cerrado biome. This one was the higher concentration among the native land cover areas. Rural settlements from agrarian reform, aroun localitiess and indigenous lands were the most serious features. It highlights the indigenous lands where size corresponds to 7,3% of the full state area and where an average account of 12,8% of the total hotspots account. Protected areas were hotspots concentration lower than the overall state average.

Keywords: hotspots, forest fire, burning forest

## 1. Introdução

As queimadas causam empobrecimento do solo, destruição de vegetação, erosão, e relacionam-se com alterações na composição química da atmosfera (CRUTZEN e ANDREAE, 1990). Também têm efeito deletério sobre a saúde humana (RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2002). No Brasil, a incidência delas é significativa. O Tocantins, onde se localizam os maiores remanescentes de Cerrado do país, está entre os Estados brasileiros com maior afetação por incêndios florestais (PIVELLO, 2011).

A incidência de queimadas é mais elevada no período compreendido entre os meses de agosto e novembro, com um máximo em setembro (JUSTINO, SOUZA, SETZER, 2002; SISMANOGLU *et al.*, 2002). Isso é favorável ao uso de sensoriamento remoto na investigação de queimadas, visto que esse período apresenta menor cobertura de nuvens e maior disponibilidade de imagens de satélite. No Brasil, essa atividade é feita desde 1987 (SETZER, PEREIRA, PEREIRA, 1992).

Imagens termais diárias permitem a detecção em tempo quase real das queimadas. Temperaturas acima de 47° são interpretadas como sendo foco de calor. Queimadas com no mínimo 900m<sup>2</sup> podem ser detectadas no sensor AVHRR (ANTUNES, 2000). As bandas termais e do infravermelho médio são usadas na detecção e mapeamento de incêndios. Áreas queimadas e não queimadas são detectadas através de contraste entre o gradiente térmico (REMMEL e PEREIRA, 2001).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais disponibiliza dados de focos de calor oriundos de satélites polares e geoestacionários. Esses dados são gerados a partir de coletas de sensores que operam na faixa termal, entre 3,7 um e 4,1 um. De modo geral, queimadas com uma dimensão mínima de 30 x 1 m são captadas e classificadas como foco de calor.

As geotecnologias são instrumentos promissores que permitem aprofundar o conhecimento territorial e contribuir para o aprimoramento de seu monitoramento, planejamento e gestão (GOMES, 2006). Um sistema de informações geográficas é uma

ferramenta eficiente de análise da distribuição espacial de dados de incêndios florestais (VETTORAZZI e FERRAZ, 1998). Essa atividade é relevante para melhor direcionar as ações de prevenção e combate de queimadas. Também pode servir de base para a elaboração de políticas públicas e ações mais adequadas à manutenção da qualidade ambiental.

O presente trabalho estudou a incidência e distribuição de focos de calor no Tocantins, no período entre 2002 e 2011, em diversas tipologias de cobertura, uso e ocupação do solo.

## 2. Materiais e Métodos

Foram utilizados arquivos shapefile de focos de calor da plataforma AQUA TARDE UMD, disponíveis para download em INPE (2012), para o período entre 2002 e 2011. Este satélite é o atual equipamento de referência de focos de calor no Brasil. Apesar de em anos anteriores, outros equipamentos da série NOAA terem sido os de referência, optou-se por utilizar os dados de um único sensor, o satélite de referência atual, para que não houvesse influência da diferença de funcionamento dos aparelhos no resultado. Ademais, as características e limitações do sensor presente no AQUA UMD TARDE são semelhantes às do presente na série NOAA (PIROMAL *et al.*, 2008).

Os dados vetoriais das tipologias analisadas, em formato shapefile, originaram-se de diversas instituições, conforme tabela 1. Com ferramentas de seleção do software ArcGIS 9.1 licenciado para o IBAMA, fez-se o cruzamento das informações de focos de calor com as tipologias analisadas (Figura 1). Os resultados desses cruzamentos constam das tabelas e figuras presentes neste trabalho.

As tipologias de cobertura, uso e ocupação da terra analisadas no Estado do Tocantins foram as seguintes (Tabela 1): os biomas Amazônia e Cerrado; as áreas antropizadas, as áreas com cobertura vegetal nativa e os corpos d'água, estes três dentro do bioma Cerrado; as áreas urbanas e seu entorno;

o entorno de localidades não consideradas nem demarcadas como área urbana (aldeias indígenas, agrovilas de assentamentos, povoados, vilas, etc.); o entorno das rodovias; o entorno dos depósitos de resíduos sólidos (DRS); os assentamentos de reforma agrária (ARA) e seu entorno; as terras indígenas (TI) e seu entorno; as unidades de conservação (UC) e seu entorno.

O entorno das UC foi dimensionado em 3 km devido à restrição legal de uso dessa faixa. Nas TI adotou-se o mesmo raio, pela característica de ser um território com proteção especial, apesar de a legislação não prever zona de amortecimento. O entorno das áreas urbanas e ARA foi estabelecido em 1 km como sendo uma área de influência dessas tipologias a partir de seu perímetro. O entorno de

rodovias, localidades e depósito de resíduos sólidos foi estabelecido em 1 km como sendo uma área de influência ao redor de seu centro e também para minimizar erros decorrentes do deslocamento das coordenadas dos focos de calor. Nos casos em que dentro de uma mesma tipologia haviam unidades contíguas, o entorno foi considerado como o entorno do aglomerado de unidades.

Os focos de calor nas diferentes tipologias foram analisados conforme quantidade total e conforme concentração de focos por área. Optou-se por utilizar o número de focos a cada 1.000 km<sup>2</sup>, para facilitar o arredondamento e comparação dos resultados. Assim, foi possível estudar isonomicamente a afetação pelas queimadas em cada tipologia.

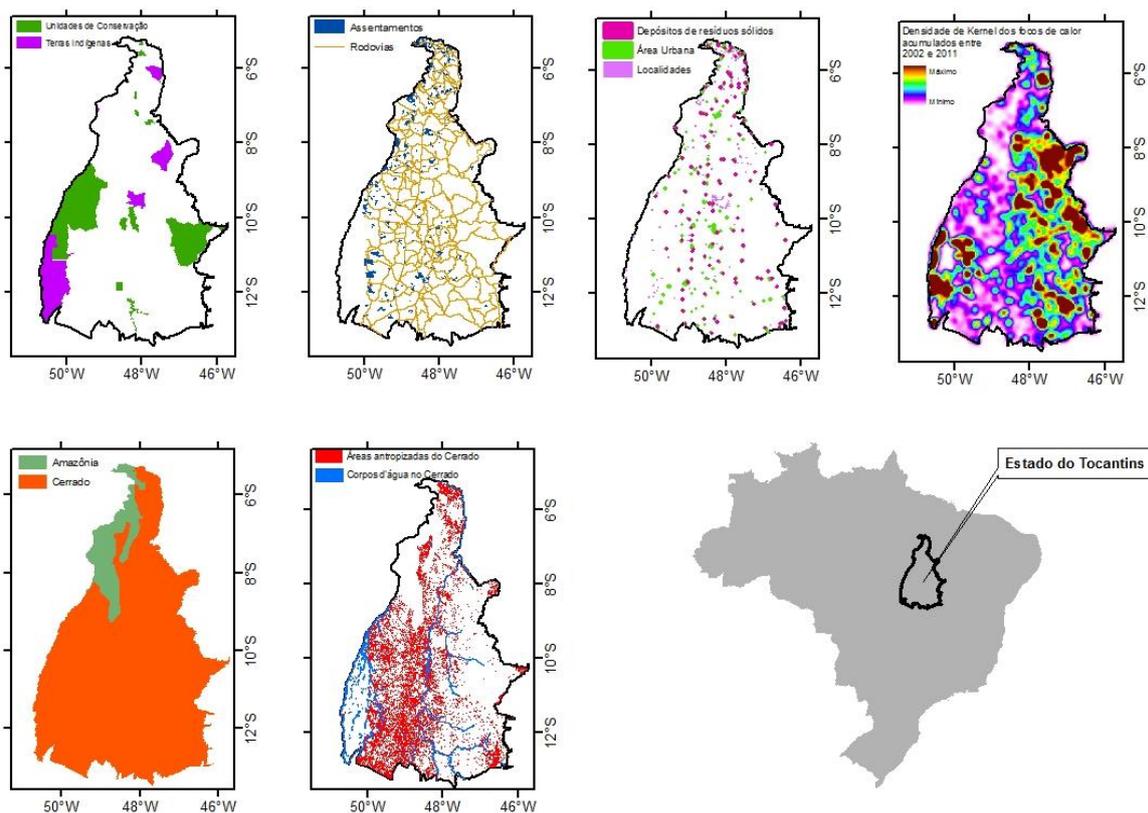


Figura 1. Inserção do Estado do Tocantins no Brasil, distribuição das tipologias analisadas dentro do Estado e distribuição dos focos de calor acumulados entre 2002 e 2011 conforme densidade de Kernel

### 3. Resultados

#### 3.1. Distribuição da quantidade de focos de calor

Foram contados os focos de calor (FC) que fizeram intersecção com cada tipologia analisada, ocorridos entre os anos 2002 e 2011 (Tabela 2). Durante os 10 anos analisados, ocorreram 115.381 FC no Tocantins, sendo 4.940

focos no bioma Amazônia e 110.441 no bioma Cerrado. A média anual foi de 11.538 focos no Estado, com a maior incidência no ano de 2010 (25.063 focos) e a menor em 2009 (5.746 focos). As ocorrências de 2002, 2004, 2005 e 2011 foram as que mais se aproximaram da média do

período, estando num intervalo aproximado de 10% de desvio em relação à média. Nos demais anos analisados, 4 apresentaram ocorrências abaixo da média (2003, 2006, 2008 e 2009) e 2 apresentaram ocorrências acima da média (2007 e 2011).

Tipologias	Área (km <sup>2</sup> )	Unidades consideradas	Fonte
Amazônia	24.827,24	área originalmente coberta pelo Bioma Amazônia	IBGE
Cerrado	252.798,45	área originalmente coberta pelo Bioma Cerrado	IBGE
Corpos d'água no Cerrado	2.569,30	todas as existentes no shapefile original	IBAMA
Antropismo Cerrado	70.182,83	áreas onde foi removida a cobertura nativa de Cerrado	IBAMA
Nativo Cerrado	180.046,32	remanescente da cobertura original de Cerrado	IBAMA
Áreas urbanas	392,44	todas as existentes no shapefile original	SEPLAN
Entorno de áreas urbanas	1.923,34	raio de 1km no entorno das áreas urbanas	SEPLAN
Entorno de localidades	632,86	raio de 1km no entorno de localidades não consideradas como áreas urbanas	IBGE
Entorno de rodovias	29.451,38	raio de 1km da malha viária demarcada no shapefile original	SEPLAN
Entorno de depósitos de resíduos sólidos (DRS)	574,39	raios de 1km no entorno de todos os DRS existentes no shapefile original	MPE
Assentamentos de reforma agrária (ARA)	10.898,64	todos os ARA existentes no shapefile original	INCRA
Entorno de ARA	8.093,72	raio de 1km no entorno de ARA	SEPLAN
Terras Indígenas (TI)	20.300,91	Guarani, Karajá, Apinayé, Krahó, Xerente, Krahó-Kanela, Avá	SEPLAN
Entorno de TI	3.528,47	raio de 3km no entorno de TI	SEPLAN
Unidades de conservação (UC)	39.487,88	APA Nascentes do Araguaia, APA Meandros do Rio Araguaia, APA Foz do Rio Santa Tereza, APA Jalapão, APA Lago de Palmas, APA Lago de Peixe-Angical, APA Lago de Santa Isabel, APA Lago de São Salvador, APA Serra da Tabatinga, APA Serra do Lajeado, Barra do Lajes e Corda, ESEC Serra Geral, Monumento Natural das Árvores Fossilizadas, PE Jalapão, PE Lajeado, PN Nascentes do Rio Parnaíba, APA Sapucaia, Corredor Ecológico Tocantins-Araguaia, PN Araguaia, PE Cantão, APA Ilha do Bananal/Cantão	SEPLAN
Entorno de UC	8.134,16	raio de 3km no entorno de UC	SEPLAN

Tabela 1. Descrição das tipologias analisadas

Destaca-se a atenção a ocorrência de 316 FC em corpos d'água do Cerrado nos 10

anos estudados. Metade deles foi detectada no ano de 2010.

Tabela 2. Quantidade de focos de calor ocorridos nas tipologias analisadas entre 2002 e 2011

Tipologia	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média	Acumulado
Amazônia	588	509	451	780	261	671	279	265	848	288	494	4.940
Cerrado	10.509	8.381	11.750	11.760	6.164	15.301	6.785	5.481	24.215	10.095	11.044	110.441
Corpos d'água no Cerrado	16	11	9	14	6	28	7	27	158	40	32	316
Antropismo Cerrado	2.387	2.047	2.879	2.619	1.292	3.256	1.375	1.183	3.908	1.642	2.259	22.588
Nativo Cerrado	8.106	6.323	8.862	9.127	4.866	12.017	5.403	4.271	20.149	8.413	8.754	87.537
Área urbana	5	10	9	8	6	16	5	9	19	10	10	97
Entorno da área urbana	46	50	67	51	33	89	29	37	118	57	58	577
Entorno de localidades	21	21	24	48	12	40	14	22	74	42	32	318
Entorno das rodovias	1.078	900	1.361	1.255	648	1.491	676	591	2.379	998	1.138	11.377
Entorno de depósitos de resíduos sólidos	19	20	24	20	24	32	3	8	36	15	20	201
Assentamentos	682	536	576	738	296	842	310	271	1.139	401	579	5.791
Entorno de assentamentos	315	267	330	398	138	545	188	145	681	213	322	3.220
Terras Indígenas	1.103	973	1.050	1.330	745	1.951	1.118	665	4.226	1.647	1.481	14.808
Entorno de terras indígenas	134	119	166	194	84	245	152	100	511	171	188	1.876
Unidades de conservação	1.113	1.139	1.566	1.573	837	2.071	718	622	3.480	1.103	1.422	14.222
Entorno das unidades de conservação	246	193	306	313	150	489	156	166	732	260	301	3.011
Total de focos de calor	11.097	8.890	12.201	12.540	6.425	15.972	7.064	5.746	25.063	10.383	11.538	115.381

### 3.2. Concentração de focos de calor

As diferenças de tamanho entre as tipologias analisadas direcionou as análises para a utilização da concentração de FC nas tipologias, como indicador da gravidade dos incêndios florestais em cada local. Como exemplo, ao se comparar a quantidade acumulada de FC em TI e UC, tem-se valores muito próximos, respectivamente 14.808 e 14.222 focos. Contudo, o tamanho das TI é praticamente metade do tamanho das UC, ou seja, apesar de terem uma quantidade bruta de FC equivalente, esses FC foram muito mais concentrados nas TI, pois ocorreram em uma área menor do que nas UC.

#### 3.2.1. Os biomas do Tocantins

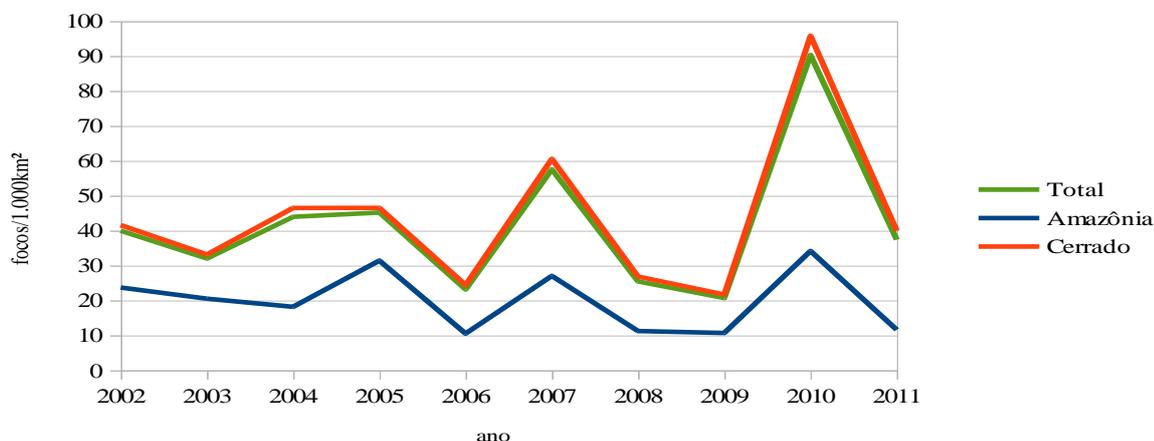
Houve uma média de 42 focos anuais a cada 1.000 km<sup>2</sup> no Estado (Tabela 3), com a maior incidência no ano de 2010 (90 focos/1.000km<sup>2</sup>) e a menor em 2009 (21 focos/1.000km<sup>2</sup>). Os ocorrências de 2002, 2004, 2005 e 2011 foram as mais próximas da observada na média do período, estando num intervalo aproximado de 10% de desvio em relação à média. Nos demais anos analisados, 4 apresentaram ocorrências abaixo da média (2003, 2006, 2008 e 2009) e 2 apresentaram ocorrências acima da média (2007 e 2011).

**Tabela 3.** Concentração de focos de calor (focos/1.000km<sup>2</sup>) nos biomas do Tocantins ocorridos entre 2002 e 2011

Tipologia	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média
Amazônia	24	21	18	31	11	27	11	11	34	12	20
Cerrado	42	33	46	47	24	61	27	22	96	40	44
relação Amazônia/Cerrado	0,57	0,62	0,39	0,68	0,43	0,45	0,42	0,49	0,36	0,29	0,46
Total	40	32	44	45	23	58	25	21	90	37	42

Dentre os biomas existentes no Estado, o Cerrado foi mais afetado pelas queimadas, com uma média de 44 focos/1.000 km<sup>2</sup> (Tabela 3). O bioma Amazônia apresentou uma média anual de 20 focos/1.000km<sup>2</sup>. Isso representa uma proporção de 46 focos na Amazônia a cada 100 focos no Cerrado, numa mesma unidade de área. Em ambos os biomas, o ano mais crítico foi 2010, com 96 focos/1.000km<sup>2</sup> no Cerrado e 34 focos/1.000km<sup>2</sup> na Amazônia. A proporção anual de focos no Cerrado foi mais

inconstante do que na Amazônia (Figura 2). Enquanto no Cerrado o intervalo do número de focos/1.000 km<sup>2</sup> variou de 22 a 96 anuais, na Amazônia o intervalo ficou entre 11 e 34 focos/1.000km<sup>2</sup> anuais. Além disso, essa variação não ocorreu na mesma proporção ao longo dos 10 anos. Em 2005, por exemplo, a Amazônia teve 68 focos a cada 100 focos do Cerrado (em mesma unidade de área), enquanto em 2011 foram 29 focos na Amazônia para cada 100 no Cerrado.



**Figura 2.** Evolução da concentração de focos de calor nos biomas do Tocantins entre 2002 e 2011

### 3.2.2. Os diferentes usos da cobertura original de Cerrado

A concentração de FC no Cerrado nas subdivisões n corpos d'água, cerrado antropizado e nativo consta da tabela 4.

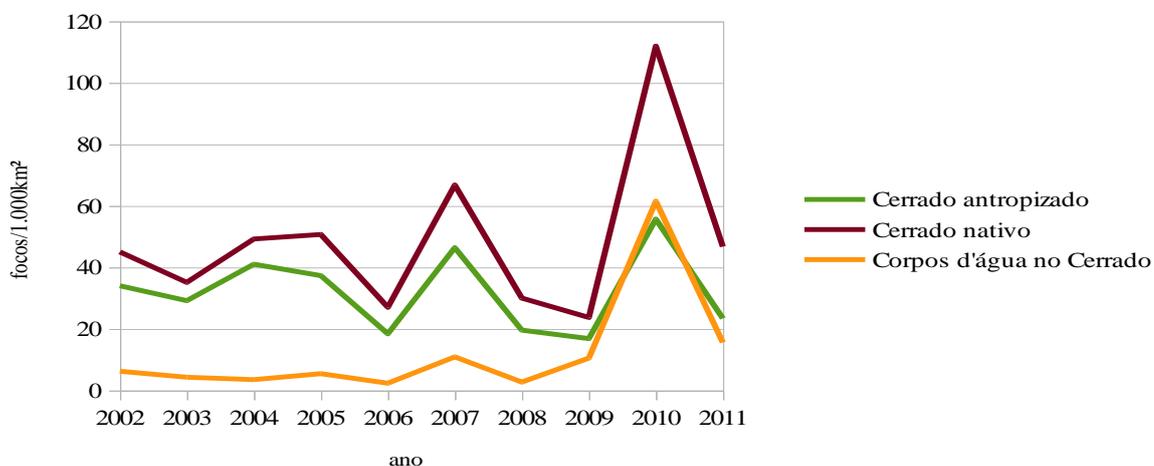
**Tabela 4.** Concentração de focos de calor (focos/1.000km<sup>2</sup>) em diferentes tipologias do Cerrado tocantinense entre 2002 e 2011

Tipologia	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média
Corpos d'água no Cerrado	6	4	4	5	2	11	3	11	61	16	12
Antropismo Cerrado	34	29	41	37	18	46	20	17	56	23	32
Nativo Cerrado	45	35	49	51	27	67	30	24	112	47	49
relação antropizado/nativo	0,76	0,83	0,83	0,74	0,68	0,70	0,65	0,71	0,50	0,50	0,66

Os FC em corpos d'água tiveram uma amplitude de 2 focos/1.000km<sup>2</sup> (2006) a 61 focos/1.000km<sup>2</sup> (2010) anuais, com uma média de 12 focos/1.000km<sup>2</sup>. Destaca-se que em 2010, a concentração de focos em corpos d'água foi maior do que no cerrado antropizado.

A concentração média anual de FC na vegetação nativa do Cerrado foi de 49 a cada 1.000 km<sup>2</sup>, enquanto no cerrado antropizado foi de 32 focos/1.000km<sup>2</sup> (Tabela 4). Em todos os anos a vegetação nativa foi mais afetada do que

as áreas antropizadas. A proporção média foi de 66 focos em áreas antropizadas para cada 100 focos em vegetação nativa. O ano de 2010 foi o de maior concentração de focos em ambas as tipologias, com 56 focos nas áreas antropizadas e 112 focos na vegetação nativa, a cada 1.000 km<sup>2</sup> (Figura 3). Este ano esteve entre os de maior disparidade entre a concentração de focos em cada fisionomia, sendo 50 nos locais antropizados para cada 100 na vegetação nativa, em mesma unidade de área.



**Figura 3.** Evolução da concentração de focos de calor em diferentes tipologias do Cerrado tocantinense entre 2002 e 2011

### 3.2.3. As áreas com intensa utilização humana

Áreas urbanas, localidades (agrovilas, povoados, vilas e aldeias), rodovias, ARA e DRS têm utilização humana mais intensiva. Dessas tipologias, as áreas urbanas tiveram a menor concentração média de FC (25 focos/1.000km<sup>2</sup>) nos 10 anos analisados (Tabela 5). À exceção dos

anos 2008 e 2009, também sempre tiveram a menor concentração de focos intra anual. O entorno das áreas urbanas foi a segunda tipologia com menor concentração média anual de FC (30 focos/1.000km<sup>2</sup>), seguida pelos DRS (35 focos/1.000km<sup>2</sup>), ambas abaixo da média geral das áreas assemelhadas (42 focos/1.000km<sup>2</sup>). Essa média em áreas com uso

humano intensivo, por sinal, foi igual à média geral de concentração de FC no estado todo. O

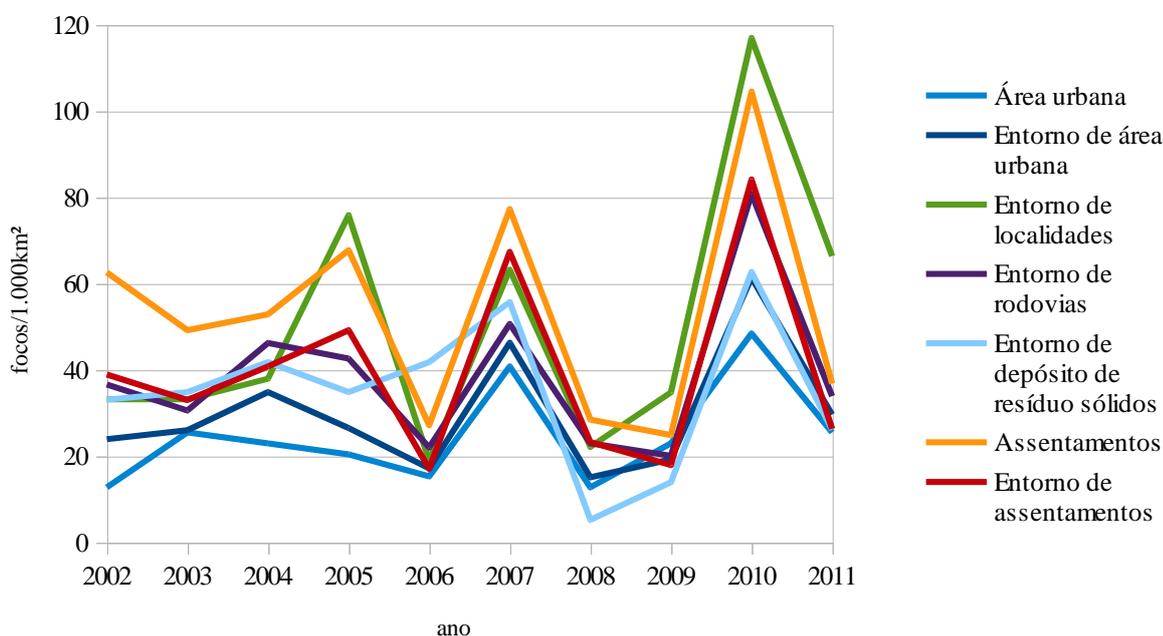
entorno das rodovias esteve próximo da média, com 39 focos/1.000km<sup>2</sup>.

**Tabela 5.** Concentração de focos de calor (focos/1.000km<sup>2</sup>) em áreas do Tocantins com utilização humana intensa entre 2002 e 2011

Tipologia	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média
Área urbana	13	25	23	20	15	41	13	23	48	25	25
Entorno da área urbana	24	26	35	27	17	46	15	19	61	30	30
Entorno de localidades	33	33	38	76	19	63	22	35	117	66	50
Entorno das rodovias	37	31	46	43	22	51	23	20	81	34	39
Entorno de depósitos de resíduos sólidos	33	35	42	35	42	56	5	14	63	26	35
Assentamentos	63	49	53	68	27	77	28	25	105	37	53
Entorno de assentamentos	39	33	41	49	17	67	23	18	84	26	40
Média	42	35	46	48	22	59	24	21	86	33	42

Os ARA e o entorno de localidades foram as tipologias mais críticas em relação às queimadas, respectivamente com 53 e 50 focos/1.000km<sup>2</sup>. Ambas mantiveram-se acima das médias correlatas e geral (42 focos/1.000km<sup>2</sup>). Houve uma alternância anual dessas tipologias no primeiro lugar em maior concentração de FC (Figura 4). ARA estiveram nesta posição em 2002, 2003, 2004, 2007 e 2008, acompanhados normalmente pelo

entorno das localidades e pelo entorno dos próprios ARA. Já as localidades foram as primeiras em 2005, 2009, 2010 e 2011, acompanhadas pelos ARA e seus entornos. Apesar de serem os maiores em 2006, o entorno dos DRS manteve-se na maioria dos anos entre os locais de menor concentração de focos, junto com as áreas urbanas e o entorno das rodovias.



**Figura 4.** Evolução da concentração de focos de calor em diferentes tipologias de intensa utilização humana no Tocantins entre 2002 e 2011

### 3.2.4. As áreas com regimes diferenciados de proteção e seu entorno

Analisaram-se UC e TI juntas devido a serem locais com enfoque na conservação e preservação do ambiente natural e por terem

maiores restrições de uso e ocupação do solo.

As TI foram as áreas analisadas onde houve a maior concentração de FC. A concentração média de focos (73 focos/1.000km<sup>2</sup>) nesses locais foi 74% maior do que a média geral do Estado. Ela foi seguida

pele seu entorno, com 53 focos/1.000km<sup>2</sup>, também acima da média estadual, porém equivalente à média dos ARA. As UC tiveram

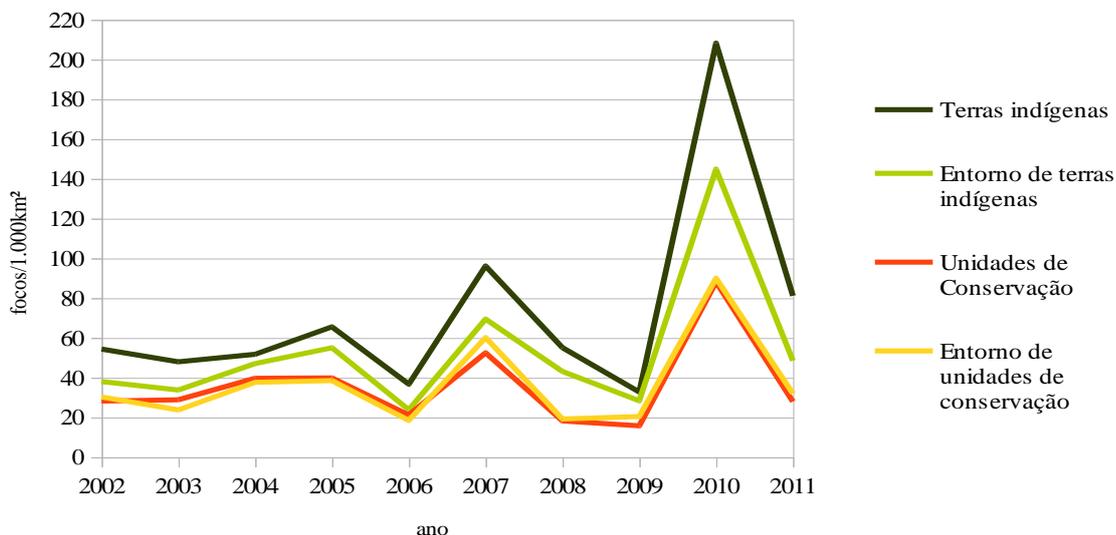
em média 37 focos/1.000km<sup>2</sup>, valor próximo da média de seu entorno, que foi de 36 focos/1.000km<sup>2</sup>, e abaixo da média do Estado.

**Tabela 6.** Concentração de focos de calor (focos/1.000km<sup>2</sup>) em áreas do Tocantins com regime diferenciado de proteção e em seu entorno entre 2002 e 2011

Tipologia	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média
Terras Indígenas	54	48	52	66	37	96	55	33	208	81	73
Entorno de terras indígenas	38	34	47	55	24	69	43	28	145	48	53
Unidades de conservação	28	29	40	40	21	52	18	16	88	28	36
Entorno das unidades de conservação	30	24	38	38	18	60	19	20	90	32	37
Total do Estado	40	32	44	45	23	58	25	21	90	37	42

Em todos os anos entre 2002 e 2011, as TI tiveram as maiores concentrações de FC (Figura 5). Em 2010, foram 208 focos/1.000km<sup>2</sup>, valor quase 5 vezes maior do que a média geral anual no Tocantins. O entorno das TI manteve-

se na segunda posição durante todos os anos dentre as maiores concentrações de FC. As UC e seu entorno tiveram valores de concentração de FC muito próximos em todo o período.



**Figura 5.** Evolução da concentração de focos de calor em diferentes tipologias de áreas com regime diferenciado de proteção e em seu entorno no Tocantins entre 2002 e 2011

### 3.2.5. Comparativo entre as tipologias de uso e ocupação mais críticas

Os ARA, as TI, o entorno de ambas essas áreas e o entorno de localidades foram as tipologias com maior concentração de FC dentre todas as analisadas.

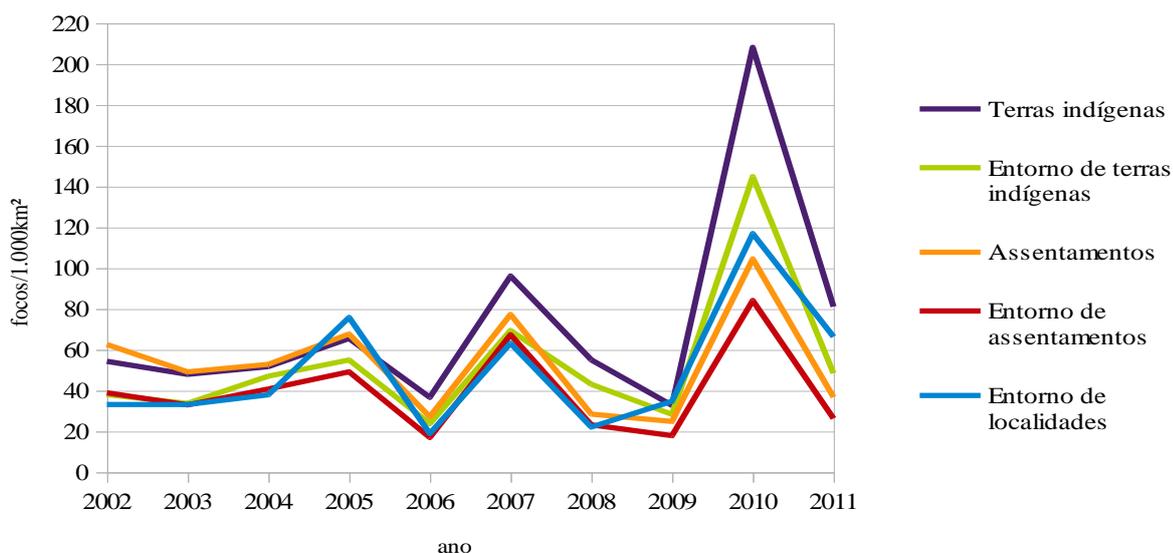
As TI concentraram o maior número de focos na metade dos anos analisados, em 2006, 2007, 2008, 2010 e 2011 (Figura 6). Foram as tipologias de uso e ocupação do solo mais críticas do Estado quanto à concentração de FC, dentre todas as tipologias analisadas. Sua extensão corresponde a 7,3% da área total do

Estado e teve em média 12,8% de todos os FC nos 10 anos. No ano de 2010, essa mesma área chegou a ter 16,9% do total de focos. O entorno das TI apresentou uma curva de evolução da concentração de FC semelhante à das TI, mas com valores proporcionalmente menores. A concentração de focos no entorno das TI representou entre 60 e 91% da concentração de focos no interior das TI.

Em 2003, 2004 e 2009, as TI não estiveram em primeiro lugar, porém tiveram apenas 1 foco/1.000km<sup>2</sup> a menos que os ARA em 2003 e 2004, e 2 focos/1.000km<sup>2</sup> a menos que o entorno de localidades em 2009. Os ARA

lideraram também em 2002 e o entorno de

localidades em 2005.



**Figura 6.** Evolução da concentração de focos de calor nas tipologias de uso e ocupação mais críticas do Tocantins entre 2002 e 2011

#### 4. Discussão

O IBAMA (2010) definiu como incêndio florestal todo tipo de fogo sem controle incidente sobre vegetação nativa. Pode ser provocado pelo homem ou por fonte natural. Dentre as origens, estão incendiários, fumantes, caçadores, pescadores, balões, bem como o uso indevido incorreto do fogo na renovação e limpeza de pastagens e restos culturais (MEDEIROS, 2002; SANTOS, SOARES, BATISTA, 2006).

O início do incêndio depende de fatores que permitam a ignição. Sua continuidade e propagação dependem principalmente da energia potencial armazenada no material combustível (RIBEIRO e SOARES, 1998). Os picos de detecção de FC ocorridos em 2007 e 2010 foram precedidos de anos com incidência de focos abaixo da média (2006 e 2009). Destaca-se que a sucessão 2009 a 2010 foram respectivamente os anos de menores e maiores ocorrências do período analisado; e que a sucessão 2006 a 2007 foram respectivamente a segunda menor e a segunda maior ocorrência de FC dos 10 anos considerados. Isso mostra que a queima muito abaixo da média num ano causou o acúmulo e armazenamento de material combustível em excesso para o ano

seguinte, fazendo com que anos com poucas queimadas sejam sucedidos por anos com muitas queimadas.

Os ecossistemas do Brasil, em quase toda sua extensão (exceto a Caatinga), são classificados como dependentes/influenciados pelo fogo, caso do Cerrado, Pantanal e Pampas, ou como sensíveis ao fogo, caso da Amazônia e Mata Atlântica (HARDESTY, MYERS, FULKS, 2005). Durante a estiagem, as condições do Cerrado são mais propícias à queima da cobertura vegetal. A parte aérea da vegetação desseca-se pela deficiência hídrica (OLIVEIRA et al., 2004), gerando expressiva quantidade de material combustível. Porém, ambos os biomas, Cerrado e Amazônia, estão sob condições que permitem a ignição e propagação de incêndios, com a presença de biomassa suscetível e condições climáticas favoráveis. A maior incidência e concentração de FC no Cerrado do que na Amazônia poderia ser explicada por essa elevada suscetibilidade natural ao fogo. Por outro lado, frentes de incêndios protegidas por vegetação espessa não são detectados por sensores remotos (SETZER, PEREIRE, PEREIRA et al., 1992), fato que poderia explicar uma menor detecção, e não uma menor incidência/concentração, de FC na vegetação mais densa característica do bioma Amazônia.

Observações terrestres seriam necessárias para avaliar o desempenho de técnicas de sensoriamento remoto (RAZAFIMPANILO *et al.*, 1995), bem como a utilização de outras fontes de dados.

A detecção de FC em corpos d'água pode ser atribuída ao deslocamento oriundo de erros de navegação ou georeferenciamento (JESUS, SETZER, MORELLI, 2011), bem como à confusão da radiação refletida por corpos d'água com a radiação refletida com focos ativos e à saturação de um pixel completo por uma pequena área queimada (PIROMAL *et al.*, 2008). O foco de calor é criado quando um pixel da imagem da banda termal satura-se. Essa saturação dá-se, em média, com a ocorrência de uma linha de fogo de 30 m x 1m, independente da localização dessa linha dentro do pixel. Desse pixel saturado, é tomada a coordenada central como sendo a coordenada do foco de calor. Assim, se a linha de fogo que saturou o pixel localizava-se próxima da borda do pixel, e o centro do pixel localizava-se em um corpo d'água, o foco de calor originado desse pixel será no corpo d'água. Exemplo disso seriam queimadas localizadas em beira de rios e lagos.

No Cerrado, apesar de o fogo ser utilizado para renovação de pastagens e abertura de novas áreas agrícolas (KLINK e MACHADO, 2005), a maior incidência e concentração de FC foi na vegetação nativa, e não nos locais antropizados, onde prevalece o uso agrícola. Como existe correlação entre ocorrência de desmatamentos e áreas queimadas (LIMA *et al.*, 2012) e como há forte correlação entre incidência de queimadas e ações antropogênicas (ARAGÃO *et al.*, 2012), é possível que muitos incêndios florestais se iniciem em áreas antropizadas e avancem sem controle para a vegetação nativa, gerando aí uma maior concentração de FC.

Incêndios naturais no Brasil são apagados rapidamente, pois são causados por raios, que logo em seguida são acompanhados de chuva (FIEDLER, MERLO, MEDEIROS, 2006; MEDEIROS e FIEDLER, 2004; RAMOS e PIVELLO, 2000). O uso do fogo faz parte da história evolutiva do homem, que o utiliza desde as

mais remotas eras (LATUNER e SCHERER, 2004; PIVELLO, 2011). Áreas urbanas estiveram entre as tipologias com menor concentração de FC. A pequena disponibilidade de material combustível, a presença de barreiras à propagação dos incêndios, a facilidade de acesso para combate e a presença comum de brigadas de combate a incêndio e bombeiros fizeram dessa tipologia a menos apontada pelos FC. Seu entorno, teve uma concentração um pouco maior de focos, provavelmente por abranger incêndios da periferia e por abranger locais com maior presença de material combustível. A menor disponibilidade de material combustível nas áreas urbanas faz com que tenham menor concentração de FC em relação à demais áreas de uso humano mais intensivo. Já no seu entorno, onde há mais material combustível, a incidência de queimadas torna-se maior.

Os DRS, nos quais se incluem lixões e aterros sanitários, surpreenderam pela concentração de FC abaixo da média, apesar de comumente ser observada a presença de fogo nesses locais. Contudo, ou as queimadas que ocorrem nesses locais não são detectadas pelos sensores remotos ou essas queimadas não se propagam a ponto de tomarem proporções significativas. Incêndios de pequenas proporções, encerrados antes ou iniciados depois da passagem dos satélites não são detectados (SETZER, 1993; SETZER, PEREIRA, PEREIRA, 1992).

Os ARA e localidades destacaram-se como as áreas de uso humano com elevadas concentrações de FC. Nos ARA o uso precário de tecnologias de produção faz com que o fogo seja presença constante nesses locais, como ocorre em propriedades rurais pouco tecnificadas (LARA, FIEDLER, MEDEIROS, 2007). Já as localidades envolvem aglomerados humanos em zona rural, que englobam tanto povoados, quanto aldeias indígenas e agrovilas de ARA. A elevada concentração de focos no entorno dessas localidades pode ser devida à propagação de incêndios iniciados nas casas e quintais. O uso do fogo é comum nesses locais em atividades diárias, como cozimento, iluminação, eliminação de resíduos, limpeza de

áreas de cultivo, etc.

As TI mostraram-se os locais mais críticos quanto à ocorrência de FC dentre todas as tipologias estudadas. Assim como as UC, TI têm limitações de uso e ocupação, sendo áreas onde a vegetação nativa costuma estar preservada. A principal diferença entre elas, portanto, é a presença e utilização das TI pelos povos indígenas, o que não acontece nas UC, que em sua maioria não têm uso e ocupação humana. Assim, questões etnoculturais podem explicar a grande incidência e concentração de FC nas TI. Há relatos de uso do fogo para caçadas, para manejo da vegetação, dentre outras atividades, inclusive com o objetivo de evitar queimadas de grandes proporções (FALEIRO, 2011; MELO e SAITO, 2011; MISTRY et al., 2005).

Há de se ressaltar que a incidência e mesmo a concentração de FC são apenas alguns dos fatores que refletem a gravidade da ocorrência de queimadas. A severidade do fogo, por exemplo, é o grau em que um local foi alterado ou afetado pelo fogo, leva em conta sua intensidade, consumo de material combustível e tempo de permanência (HELMS 1998; KEELEY, 2009), e é um dos outros fatores a serem estudados para aprofundar o conhecimento sobre a gravidade das queimadas.

## 7. Referências Bibliográficas

- ANTUNES, M. A. H. *Uso de satélites para detecção de queimadas e para avaliação do risco de fogo*. **Ação Ambiental**, 12, 24-27, 2000.
- ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; BARBIER, N.; LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y.; ANDERSON, L.; SAATCHI, S. *Interactions between rainfall, deforestation and fires during recent years in the Brazilian Amazonia*. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v 363, 1779-1785, 2012.
- CSR-IBAMA – Centro de Sensoriamento Remoto do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. Download do shapefile do antropismo no Cerrado disponível em <<http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/cerrado/index.htm>>. Acesso em: 31 mai. 2012.
- CRUTZEN, P. J.; ANDREAE, M. O. Biomass burning in the tropics: impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. *Science*, vol. 250, 1669-1678, 1990.
- FALEIRO, R. M. *Resgate do manejo tradicional do Cerrado com fogo para proteção das terras indígenas do oeste do Mato Grosso: um estudo de caso*. **Biodiversidade Brasileira**, ano 1, n 2, 86-96, 2011.
- FIEDLER, N. C.; MERLO, D. A.; MEDEIROS, M. B. *Ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás*. **Ciência Florestal**, v 16, 153-161, 2006.
- GOMES, C. *Geotecnologias da informação e remodelação do espaço urbano-regional: os sistemas de informação geográfica*. **Interface**, v 3, n 3, 7-28, 2006.
- HARDESTY, J.; MYERS, R.; FULKS, W. *Fire, ecosystems and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue*. **The George Wright Forum** 22, 78-87, 2005.
- HELMS, J. A. *The dictionary of Forestry*. **The Society of American Foresters**, 1998.
- IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e recursos Naturais Renováveis. **Manual do brigadista**, 2010, p. 15.

## 5. Conclusão

O estudo da evolução da distribuição dos focos de calor em uma determinada região durante uma série histórica proporciona o entendimento dos fatores que estão contribuindo para a incidência de queimadas nessa região. Os focos de calor devem ser analisados não apenas por sua quantidade em uma determinada tipologia, mas também pela sua concentração na tipologia. Levar em conta o tamanho da área onde os focos ocorrem permite comparar isonomicamente a gravidade da incidência dos focos em áreas distintas. Isso elimina distorções nas análises das áreas mais críticas ou menos críticas.

Ademais, os resultados obtidos pelo presente trabalho podem levar à tomada de decisões mais acertadas de prevenção e combate a queimadas, bem como abrem caminho para novos estudos sobre o tema.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos ao CIMAN e instituições envolvidas (Corpo de Bombeiros, IBAMA, Naturatins, Ministério Público Estadual, SEMADES, Unitins) pelo apoio no desenvolvimentos do estudos.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Download dos biomas brasileiros e localidades disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default\\_prod.shtm#MAPAS](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#MAPAS)>. Acesso em: 6 ago. 2012.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Download dos focos de calor disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>. Acesso em: 27 jun. 2012.
- JESUS, S. C.; SETZER, A. W.; MORELLI, F. *Validação de focos de queimadas no Cerrado em imagens TM/Landsat-5*. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2011.
- JUSTINO, F. B.; SOUZA, S. S.; SETZER, A. *A relação entre focos de calor e condições meteorológicas no Brasil*. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2002.
- KEELEY, J. E. *Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage*. **International Journal of Wildland Fire**, 18(1), 116-126, 2009.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. *A conservação do Cerrado brasileiro*. **Megadiversidade**, v 1, n 1, 147-155, 2005.
- LARA, D. X.; FIEDLER, N. C.; MEDEIROS, M. B. *Uso do fogo em propriedades rurais do Cerrado em Cavalcante, GO*. **Ciência Florestal**, v 17, n 1, 9-15, 2007.
- LATURNER, N.; SCHERER, H. W. *As queimadas e os incêndios florestais no Mato Grosso*. **Revista Geonotas**, vol. 8, 2004.
- LIMA, A.; SILVA, T. S. F.; ARAGÃO, L. E. O. C.; FREITAS, R. M.; ADAMI, M. FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E. *Land use and land cover changes determine the spatial relationship between fire and deforestation in the Brazilian Amazon*. **Applied Geography**, v 34, 239-246, 2012.
- MEDEIROS, M. B. *Manejo de fogo em Unidades de Conservação do Cerrado*. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v 10, 75-88, 2002.
- MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C. *Incêndios florestais no Parque Nacional da Serra da Canastra: desafios para a conservação da biodiversidade*. **Ciência Florestal**, v. 14, 157-168, 2004.
- MELO, M. M.; SAITO, C. H. *Regime de queima das caçadas com uso do fogo realizadas pelos Xavante no Cerrado*. **Biodiversidade Brasileira**, ano I, n 2, 97-109, 2011.
- MISTRY, J.; BERARDI, A.; ANDRADE, V.; KRAHÔ, T.; KRAHÔ, P.; LEONARDOS, O. *Indigenous Fire Management in the Cerrado of Brazil: the case of the Krahô of Tocantins*. **Human Ecology**, v 33, n 3, 365-386, 2005.
- OLIVEIRA, D. S.; BATISTA, A. C.; SOARES, R. V.; GRODZKI, L.; VOSGERAU, J. *Zoneamento do risco de incêndios florestais para o Estado do Paraná*. **Revista Floresta**, vol. 32, n. 2, 217-221, 2004.
- PIOMAL, R. A. S.; RIVERA-LOMBARDI, R. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; KRUG, T. *Utilização de dados MODIS para a detecção de queimadas na Amazônia*. **Acta Amazonica**, v 38, n 1, 77-84, 2008.
- PIVELLO, V. *The use of fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: past and present*. **Fire Ecology**, v 7, n 1, 25-39, 2011.
- RAMOS NETO, M. B.; PIVELLO, V. R. *Lightning fires in a Brazilian savanna national park: rethinking management strategies*. **Environmental Management**, v 26, 675-684, 2000.
- RAZAFIMPANILO, H.; FROUIN, R.; IACOBELLIS, S. F.; SOMERVILLE, R. C. J. *Methodology for estimating burned area from AVHRR reflectance data*. **Remote Sensing of Environment**, 54, 273-289, 1995.
- REMMEL, T. K.; PEREIRA, A. H. *Fire mapping in a northern boreal forest: assessing AVHRR/NDVI methods of change detection*. **Forest Ecology and Management**, 152, 119-129, 2001.
- RIBEIRO, G. A.; SOARES, R. V. *Caracterização do material combustível florestal e efeitos da queima controlada sobre sua redução em um povoamento de Eucalyptus viminalis*. **Cerne**, vol. 4, n. 1, 57-72, 1998.
- RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. *Efeitos das queimadas na saúde humana*. **Estudos Avançados**, v 16, n 44, 125-148, 2002.
- SANTOS, J. F.; SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. *Perfil dos incêndios florestais no Brasil em áreas protegidas no período de 1998 a 2002*. **Floresta**, v 36, n 1, 93-100, 2006.
- SETZER, A. W. *Operational satellite monitoring of fires in Brazil*. **International Forest Fire News**, v 9, 8-11, 1993.
- SETZER, A. W.; PEREIRA, M. C.; PEREIRA, A. C. *O uso de satélites NOAA na detecção de queimadas no Brasil*. **Climanálise**, v 7, n 8, 40-53, 1992.
- SISMANOGLU, R. A.; SETZER, A.; JUSTINO, F.; LIMA, W. F. A. *Avaliação inicial do desempenho do risco de fogo gerado no CPTEC*. **Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2002.
- VETTORAZZI, C. A.; FERRAZ, S. F. B. *Uso de sistema de informações geográficas aplicados à prevenção e combate a incêndios em fragmentos florestais*. **Série Técnica IPEF**, v 12, n 32, 11-115, 1998.