

## ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL EM TRECHO DO MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO POTI, NORDESTE DO ESTADO DO PIAUÍ

Francílio de Amorim dos Santos  
Cláudia Maria Sabóia de Aquino

# Geografia

### RESUMO

O objetivo do presente estudo foi realizar uma análise temporal da cobertura vegetal em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti por meio do Índice de Vegetal por Diferença Normalizada (NDVI), relacionando-o às atividades humanas e os, possíveis, processos de degradação advindos dessas práticas no referido trecho. Foram selecionadas imagens da série *Landsat*, para os anos de 1989, 1999 e 2014, além de dados econômicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os resultados indicaram redução no padrão de proteção da vegetação (classes média, alta e muito alta) devido diminuição dos cultivos permanentes em 94,4% de 1989 para 2014 e redução das chuvas desde 2010. Houve, ainda, redução dos cultivos temporários, em 72% de 1989 para 2014; redução dos rebanhos (bovino, caprino e ovino) nos municípios onde se situa o trecho do médio curso da Bacia do rio Poti em 41,4%, de 1990 para 2014; diminuição entre os anos de 2004 para 2014 da extração vegetal para produção de carvão vegetal e lenha em 1,1% e 6,6%, respectivamente.

**Palavras-Chave:** Recurso Hídrico. Índice de Vegetação. Sensoriamento Remoto.

### Abstract

The objective of the present study was to perform a temporal analysis of the vegetation cover in the middle course of the Poti River Basin by means of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), relating it to human activities and the possible processes of Degradation resulting from these practices in this section. Images from the Landsat series were selected for the years 1989, 1999 and 2014, as well as economic data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The results indicated a reduction in the vegetation protection pattern (middle, high and very high) due to the decrease of permanent crops in 94.4% from 1989 to 2014 and reduction of rainfall since 2010. There was also a reduction of temporary crops, in 72% from 1989 to 2014; Reduction of herds (cattle, goats and sheep) in the municipalities where the section of the middle course of the Poti River Basin is situated in 41.4%, from 1990 to 2014; Between 2004 and 2014, respectively, of plant extractions for the production of charcoal and firewood by 1.1% and 6.6%.

**Keywords:** Water Resource. Vegetation Index. Remote sensing.

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue realizar un análisis temporal de la cobertura vegetal en trecho del medio curso de la Cuenca Hidrográfica del río Poti por medio del Índice de Vegetal por Diferencia Normalizada (NDVI), relacionándolo a las actividades humanas y los, posibles, procesos de proceso La degradación de estas prácticas en dicho pasaje. Se seleccionaron imágenes de la serie Landsat, para los años 1989, 1999 y 2014, además de datos económicos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE). Los resultados indicaron reducción en el patrón de protección de la vegetación (clases media, alta y muy alta) debido a la disminución de los cultivos permanentes en el 94,4% de 1989 para 2014 y reducción de las lluvias desde 2010. Hubo, además, reducción de los cultivos temporales, en 72% de 1989 a 2014; Reducción de los rebaños (bovino, caprino y ovino) en los municipios donde se sitúa el tramo del medio curso de la cuenca del río Poti en el 41,4%, de 1990 a 2014; Disminución entre los años 2004 a 2014 de la extracción vegetal para producción de carbón vegetal y leña en el 1,1% y el 6,6%, respectivamente.

**Palabras clave:** Recurso Hídrico. Índice de Vegetación. Detección remota.

## 1 INTRODUÇÃO

Realizar estudos com vistas ao conhecimento da dinâmica dos componentes da paisagem possibilita otimizar o uso dos recursos naturais. Nesse contexto, de acordo com Cândido (2008), a presença de vegetação torna-se importante para proteção dos solos, notadamente no período chuvoso, visto que os recobre. Por outro lado, áreas onde o processo de degradação instalou-se a vegetação não mais conseguem regenerar-se e, conseqüentemente, deixa o solo desprotegido e sujeito às intempéries naturais.

Os processos de degradação ambiental estão distribuídos por todo o planeta e dentre eles destaca-se o fenômeno da desertificação, encontrada no Nordeste brasileiro. Esse fenômeno está relacionado à “[...] degradação do solo em áreas áridas, semi-áridas e subúmidas secas, resultante de diversos fatores, inclusive de variações climáticas e de atividades humanas” (BRASIL, 1995, p.149) e é produto das variações climáticas e uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 2004).

Nesse contexto, insere-se o trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti que, de acordo com o estudo de Santos (2015), apresenta parte de sua área com moderada a alta severidade climática, alta a muito alta erosividade das chuvas e alta a

muito alta erodibilidade dos solos. Desse modo, a realização do estudo configura-se de suma importância, visto que trata de análise da cobertura vegetal na referida área.

Nesse contexto, torna-se oportuno a utilização de índices de vegetação que cada vez mais são utilizados para promover informações corretas e úteis, principalmente, para a análise da cobertura vegetal. Insira-se nesse contexto o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI) que, de acordo com Braz, Águas e Garcia (2015) e Viganó, Borges e Franca-Rocha (2011), apresenta resultados mais confiáveis, visto que detalha melhor a vegetação quando comparado a outros índices. Dessa forma, é notória a necessidade de um estudo visando à análise da cobertura vegetal com base no referido índice.

A cobertura vegetal comporta-se como elemento fundamental para redução dos processos erosivos naturais, pois reduz a velocidade do vento e aumenta a turbulência da passagem do ar. Em áreas sem vegetação o vento remove partículas minerais, gera tempestades de pó, formando dunas e limitando o crescimento da vegetação. É nesse sentido que Tricart (1977) afirma que a cobertura vegetal intervém na redução da erosão pluvial e do regime hídrico, intercepta as precipitações e fornece à superfície detritos vegetais, desempenhando papel amortecedor.

Beltrame (1994) destaca que o uso da variável cobertura vegetal em estudos ambientais permite o conhecimento do nível de proteção dos solos, bem como realizar análises sobre os diversos tipos de cobertura vegetal existente atualmente. Mendonça (1989), por sua vez, destaca que técnicas de processamento digital de imagens e sensoriamento remoto têm sido utilizadas de forma satisfatória para estudos geográficos contemporâneos.

Distintos índices têm sido utilizados para análise da cobertura vegetal e comparação do processo de transformação dessa frente às atividades humanas. Dentre esses índices destaca-se o Índice de Vegetal por Diferença Normalizada (NDVI) que diz respeito a um processo de realce realizado por meio da extração de contraste entre imagens de sensores de satélites, especificamente entre as bandas do visível e do infravermelho.

Para Ribeiro, Tanajura e Centeno (2007), o uso de sensoriamento remoto, dentre outros fins, possibilita realizar o monitoramento de períodos de estiagem e, por

consequente, gerando resultados que permitem elaborar um panorama da seca. Tal fato será possível devido à disponibilização gratuita de imagens via satélite e, dessa forma, realizar estudos temporais com alta frequência.

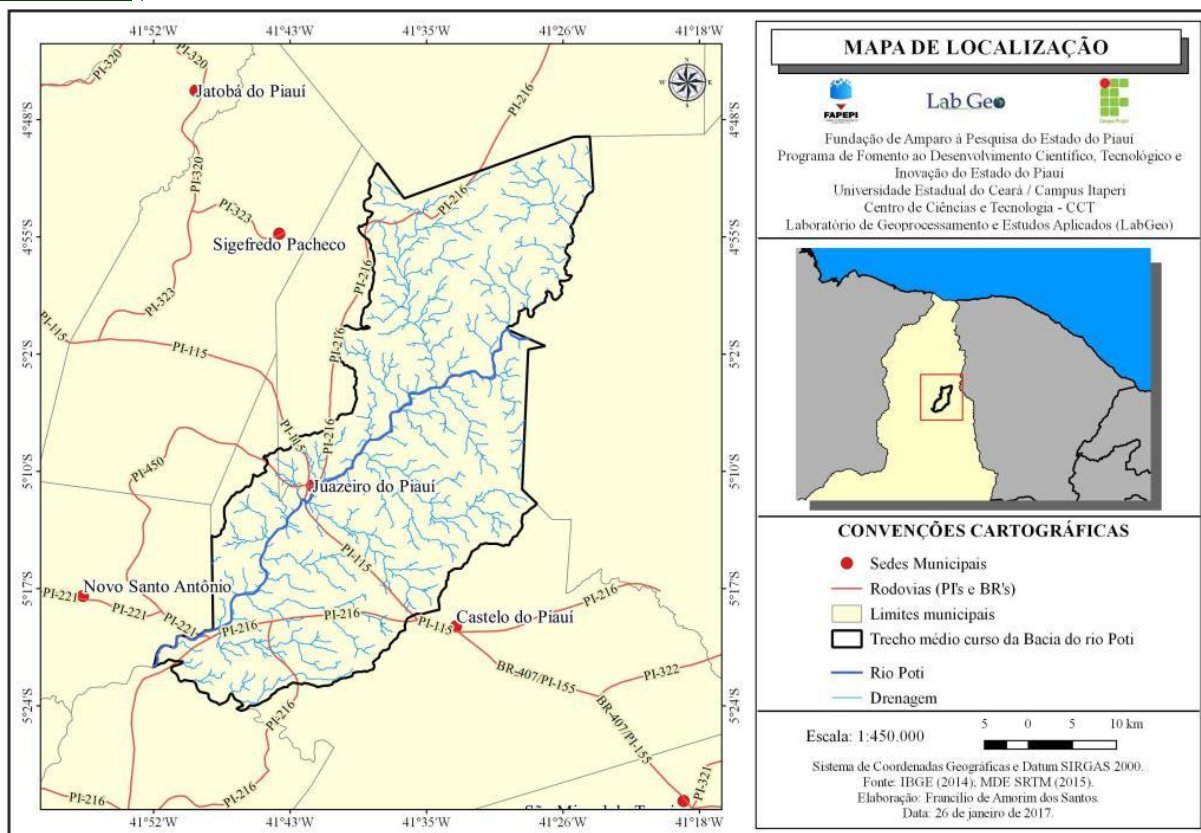
Diversos estudos têm se utilizado do NDVI para realização de análise da cobertura vegetal, podendo-se destacar os seguintes: Araujo *et al.* (2010), que se utilizou do NDVI para indicar áreas em processos de desertificação no município de Orocó (PE); Melo, Sales e Oliveira (2011), propuseram uma metodologia de análise da cobertura fitogeográfica da microbacia do Riacho dos Cavalos (CE) por meio do NDVI; Santos e Aquino (2015) realizaram análise da cobertura vegetal em Castelo do Piauí, utilizando-se do NDVI e dos aspectos econômicos, relacionando-os aos processos de desertificação/degradação na área.

Diante da notória importância da vegetação para proteção dos solos, antes expostos, tornou-se necessário realizar análise temporal da cobertura vegetal em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti por meio do NDVI, relacionando-o às atividades humanas e os, possíveis, processos de degradação advindos dessas práticas no referido trecho.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA EM ESTUDO

O presente estudo foi realizado em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, situado no Nordeste do Estado do Piauí, no Território de Desenvolvimento dos Carnaubais, entre os municípios de Juazeiro do Piauí e Castelo do Piauí (PIAUI, 2006), conforme está representado na Figura 1. O referido trecho possui uma área de aproximadamente 1.466,7 km<sup>2</sup> e perímetro de 239,1 km<sup>2</sup>.



**Figura 1** - Localização do trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, obtido por meio de procedimentos para extração de bacias via dados MDE SRTM. **Fonte:** IBGE (2014); USGS (2015).

A área estudada assenta-se sobre as formações Pimenteiras (Devoniano Inferior e sedimentação com predomínio da cor vermelha e cinza escuro), Cabeças (Devoniano Médio e compõe-se de arenitos de cores claras) e os Depósitos Colúvio-Eluviais (sedimentos do Neógeno), de acordo com informações do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2006). O relevo do trecho estudado apresenta altimetria que varia de 100 a 380 m e declividades com predomínio da classe plana (SANTOS, 2015).

De acordo com Santos (2015), o trecho estudado possui as seguintes tipologias climáticas: subúmido, subúmido seco e semiárido. Ao passo que os totais de precipitação anual variam de 900 mm a aproximadamente 1.200 mm e, ainda, com 5 a 8 meses secos. Na área foram identificadas as seguintes associações de solos (INDE, 2014): Latossolos Amarelo Distrófico, Neossolos Litólico Distrófico, Neossolos Quartzarênico Órtico, Planossolos Háplico Eutrófico e Plintossolos Pétrico

Concrecionário. Essas associações são recobertas por vegetação do tipo caatinga arbustivo/arbóreo e cerrado rupestre que está distribuído principalmente pelas margens do rio Poti (SANTOS, 2015).

## 2.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

A metodologia empregada apresenta natureza quanti-qualitativa, pois buscou analisar a dinâmica da cobertura vegetal em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti por meio do Índice de Vegetal por Diferença Normalizada (NDVI), relacionando-o às atividades humanas desenvolvidas no trecho e os, possíveis, seus processos de degradação.

A análise da cobertura vegetal constou da aquisição de imagens referentes aos anos de 1989, 1999 e 2014, via *site* <<http://earthexplorer.usgs.gov/>> do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). As cenas foram selecionadas considerando-se a menor presença de nuvens para órbita/ponto 218/064 e seguintes datas de passagem: 07/08/1989 e 03/08/1999 (*Landsat 5 TM*) e 12/08/2014 (*Landsat 8 OLI*). O NDVI foi mensurado utilizando-se a Equação 1, descrita abaixo:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

q. [1]

Onde:

NDVI é o índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Infravermelho Próximo (0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$  para o *Landsat 5* e 0,85 a 0,88  $\mu\text{m}$  para o *Landsat 8*);

R é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho (0,63 a 0,69  $\mu\text{m}$  para o *Landsat 5* e 0,64 a 0,67  $\mu\text{m}$  para o *Landsat 8*).

Os mapas de localização e NDVI foram elaborados por meio do Sistema de Informação Geográfica (SIG) *QuantumGIS (QGIS)*, versão 2.14. Todas as imagens da série *Landsat* passaram por correções geométricas, ao passo que nas *Landsat 8*

realizou-se processo de conversão radiométrica (18 para 8 bits). O produto da aplicação da equação do NDVI foi reclassificado, tomando como base as classes e intervalos de NDVI proposto por Melo, Sales e Oliveira (2011), conforme Tabela 1. Desse modo, foram obtidas 6 classes em 1989, 5 classes em 1999 e 4 classes em 2014.

Por sua vez, os dados econômicos foram obtidos por meio do bando de dados disponível no site <<http://cidades.ibge.gov.br>> e pesquisa direta nos documentos internos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Nesse sentido, consideraram-se para análise as seguintes variáveis: áreas destinadas ao plantio de lavouras temporárias e permanentes; extração vegetal para produção de lenha e carvão vegetal; efetivo dos rebanhos bovino, ovino e caprino.

**Tabela 1 - Intervalos, classes atribuídas e pesos do NDVI, considerando-se os anos de 1989, 1999 e 2014**

Intervalos do NDVI	Classes atribuídas	Peso
0,8 a 1,0	Alta	1
0,6 a 0,8	Moderadamente Alta	2
0,4 a 0,6	Moderada	3
0,2 a 0,4	Moderadamente Baixa	4
0 a 0,2	Baixa	5
< 0	Solo Exposto	6

Fonte: Melo, Sales e Oliveira (2011).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

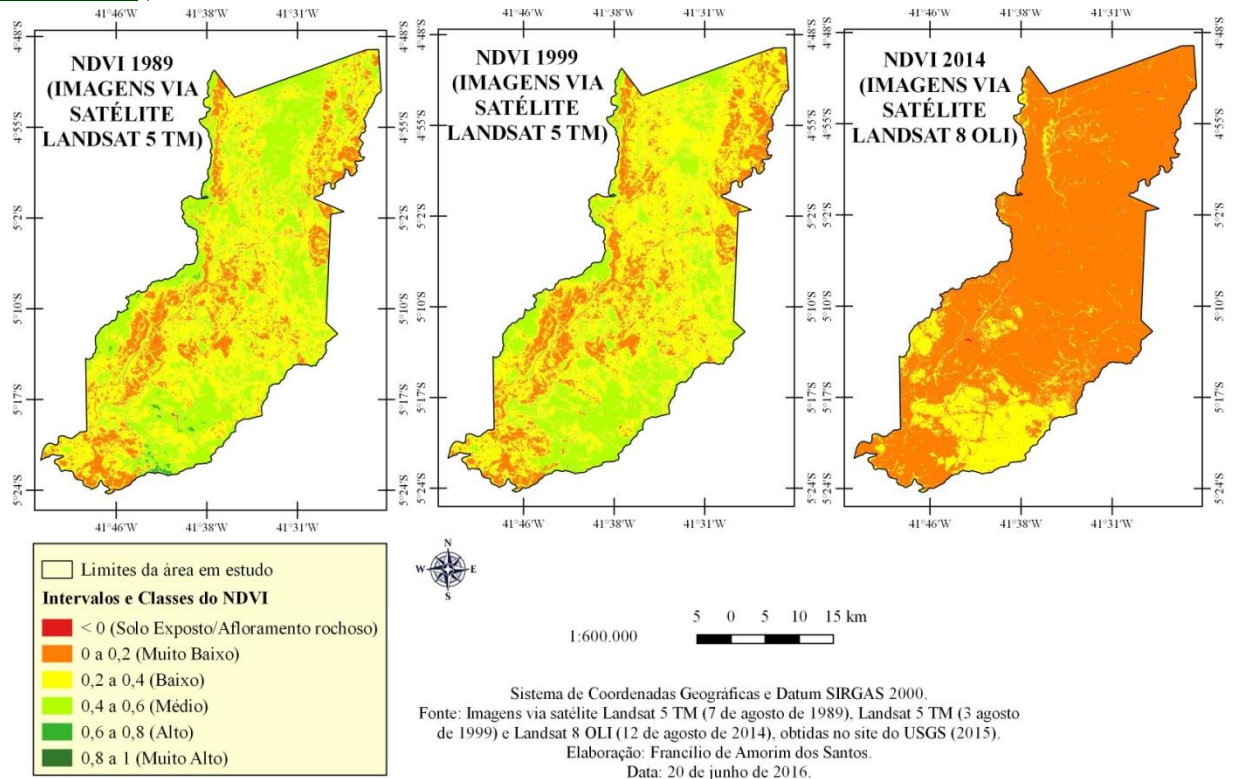
As imagens da série *Landsat* e sua respectiva espacialização por meio do NDVI permitiu observar que ocorreram mudanças no padrão de proteção da cobertura

vegetal no trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti. Posto que de 1989 para 2014 as classes de maior proteção (média, alta e muito alta) tenham passado por transformações (Figura 2). Destaca-se, também, que essas modificações possivelmente são resultado da redução das áreas destinadas aos cultivos permanentes, bem como diminuição dos totais de precipitação observados a partir de 2010.

Os dados apresentados na Tabela 2 apontam que as classes de maior proteção dada pela cobertura vegetal apresentaram significativas mudanças entre 1989 e 2014. A classe solo exposto manteve-se estável de 1989 para 1999, porém deste ano para 2014 apresentou aumento da ordem de 0,1%. A classe muito baixa foi a que sofreu maiores modificações, visto que aumentou em 3,4% e 62%, respectivamente, de 1989 para 1999 e deste último para 2014. Tal mudança nessa classe gerou transformações nas classes de baixa e média proteção, estas tiveram perdas, respectivamente, de 31,2% e 33,6% de 1989 para 2014. A classe alta sofreu redução da ordem de 0,4% de 1989 para 1999 e foi suprimida em relação a 2014. Por sua vez, a classe muito alta foi identificada apenas em 1989 e distribuía-se por 0,1% da área estudada.

Os dados relacionados às áreas plantadas das lavouras temporárias e permanentes na área estudada indicaram redução (Tabela 3). Nesse sentido, de 1989 para 2000 houve redução em 59,3% das áreas destinadas aos cultivos temporários, enquanto de 2000 para 2014 teve diminuição de 31,2% dessas áreas cultivadas. De um modo geral, a redução dos cultivos temporários resultou em diminuição da degradação ambiental, possibilitando a essas áreas realizar processo de sucessão ecológica e recuperação da cobertura vegetal.





**Figura 2** - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), comparação entre os anos de 1989, 1999 e 2014, obtidos via imagens Landsat 5 TM e Landsat 8 OLI. **Fonte:** USGS (2015).

**Tabela 2** - Distribuição absoluta e relativa dos valores do NDVI em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti, comparação para anos de 1989, 1999 e 2014

Classe de Proteção da Cobertura Vegetal (NDVI)	Área no Nível (km <sup>2</sup> )			% da Área Total		
	989	999	014	989	999	014
Solo Exposto	,9	,9	,4	,2	,2	,3
Muito Baixa	61,1	10,9	.220,3	7,8	1,2	3,2
Baixa	98,1	64,2	40,5	7,6	2,1	6,4
Média						

Alta	94,3	85,8	,5	3,7	6,3	,1
Muito Alta	,8	,9		,6	,2	0
	,5			,1		-
<b>Total</b>						<b>1</b>
	<b>.466,7</b>	<b>.466,7</b>	<b>.466,7</b>	<b>00%</b>	<b>00%</b>	<b>00%</b>

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Em relação aos cultivos permanentes, estes também sofreram redução no que tange às áreas destinadas a sua prática. Posto que tenha exibido redução da ordem de 94,3 e 1,9%, respectivamente, de 1989 para 2000 e deste para 2014. Essa redução tem contribuído para acentuar o processo de degradação ambiental, visto que essa vegetação está presente permanentemente ao longo do ano e funciona como elemento protetor dos solos, ao passo que sua ausência deixa o solo exposto às intempéries naturais.

**Tabela 3 - Síntese da variação entre os anos de 1989, 2000 e 2014 das áreas plantadas (culturas temporárias e permanentes) em trecho do médio curso da Bacia do rio Poti**

Culturas	Área plantada (ha)			Variação entre 1989, 2000 e 2014	
	1989	2000	2014	Percepção	Consequência
Temporárias	2.950	.265	.624	Redução de 72%	Redução da degradação/ Aumento da proteção
Permanente	.500	27	19	Redução de 94,4%	Redução da proteção/ Aumento da degradação

**Fonte:** Dados adaptados da Pesquisa Agropecuária Municipal Piauí do IBGE, considerando os anos de 1989, 1999 e 2014.

No que tange ao efetivo dos rebanhos (bovino, ovino e caprino) da área em estudo, estes apresentaram significativa redução no número de cabeças de 1990 a 2014 (Tabela 4). Excetuando o rebanho bovino que teve um pequeno de 1,5% de 1999 para 2014, os demais apresentaram gradativa queda no número de cabeças, de 1990 para 2014. De modo geral, os três rebanhos exibiram redução de 41,4% de 1990 para 2014, o que resultou na diminuição do pisoteio e, conseqüente, diminuição da degradação ambiental e, por conseqüente, aumento da proteção dos solos, devido à possibilidade de regeneração da vegetação.

**Tabela 4 - Síntese da variação dos rebanhos (bovino, ovino e caprino) entre os anos de 1997 e 2009 nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí**

Variável	Rebanhos											
	Bovino (B)			Ovino (O)			Caprino (C)			Totais (B + O + C)		
	Anos											
	990	999	014	990	999	014	990	999	014	990	999	014
9	065	096	734	733	718	0359	411	410	2337	211	224	
9	7	0	7	4	1		9	0	5	0	1	

Variação entre 1990 e 2014	Porcentagem/Cabeças	Diminuição de 41,4%
	Conseqüência	Redução da degradação/Aumento da proteção

**Fonte:** Dados adaptados da Pesquisa Pecuária Municipal Piauí do IBGE, considerando os anos de 1990, 1999 e 2014.

A retirada da vegetação para produção de lenha ou carvão vegetal tem diminuído ao longo dos anos na área em estudo, particularmente de 2004 para 2014 (Tabela 5). Nesse sentido, pode-se observar que houve redução na produção de carvão vegetal da ordem de 1,1% e de lenha em 6,6%, de 2004 para 2014. Essa redução gerou a possibilidade de recuperação da cobertura vegetal por meio do processo de sucessão ecológica e, conseqüente, renovação da proteção aos solos.

**Tabela 5 - Síntese da variação da produção de carvão vegetal e lenha, nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí, período de 2004 e 2014**

Extração vegetal	Quant. produzida (ton.)		Variação entre 2004 e 2014	
	2004	2014	Percentagem	Consequência
Carvão vegetal	712	704	Redução de 1,1%	Aumento da proteção / Redução da degradação
Lenha*	13.640	12.741,8	Redução de 6,6%	Aumento da proteção / Redução da degradação

Fonte: Adaptados do banco de dados do IBGE, considerando os anos de 2004 e 2014.

\*Considerou-se 1 m<sup>3</sup> equivalente a 0,680 toneladas.

As modificações nas classes do NDVI, especialmente nas classes média, alta e muito alta possivelmente decorreram da redução dos cultivos permanentes, conforme apontam os dados da Pesquisa Agropecuária Municipal Piauí do IBGE (1989; 2014). Nesse intervalo de tempo os cultivos permanentes apresentaram redução da ordem de 94,4%, fato que se associado à diminuição, de 1989 a 1999, e mesmo o desaparecimento, 1999 para 2014, das classes de maior proteção da cobertura vegetal, deixaram o solo desprotegido. Ressalta-se, ainda, que ocorreu redução da classe de proteção média. É mister citar que não somente a dinâmica das atividades

socioeconômicas teve impacto na cobertura vegetal na área estudada, mas também a redução dos totais de precipitação pluviométrica desde 2010.

#### 4 CONCLUSÃO

A análise temporal da cobertura vegetal em trecho do médio curso da Bacia Hidrográfica do rio Poti por meio da aplicação do NDVI possibilitou identificar mudanças no padrão de proteção da cobertura vegetal, considerando-se os anos de 1989, 1999 e 2014. Essas modificações deram-se devido à redução dos cultivos permanentes associada à redução dos totais de precipitação pluviométrica a partir de 2010.

A classe muito baixa do NDVI foi a que apresentou modificações mais significativas, pois aumentou em 3,4% e 62%, respectivamente, de 1989 para 1999 e deste para 2014, evidenciando uma redução na cobertura vegetal e consequente redução da proteção oferecida pela cobertura vegetal. A redução dos cultivos permanentes em 94,4% de 1989 para 2014, possivelmente apresenta correlação com a redução (1989 a 1999) e mesmo o desaparecimento (1999 para 2014) das classes de maior proteção da cobertura vegetal no trecho da Bacia.

Em suma, as imagens via *Landsat* aliadas a técnicas de sensoriamento remoto, nesse estudo representado pelo NDVI, mostraram-se sensível às alterações na cobertura vegetal na área estudada. As alterações da vegetação foram influenciadas pela dinâmica das atividades econômicas desenvolvidas na área e, ainda, pela irregularidade pluviométrica anual, com redução das chuvas, que vem ocorrendo desde 2010.

#### AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI), pelo financiamento do projeto de pesquisa através do Programa de Fomento ao Desenvolvimento Científico, Tecnológico e Inovação do Estado do Piauí, via Edital de Chamada Pública n.º 006/2015.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, I.R.; SILVA, H.P.; LOPES, A.S.; ALENCAR, B.P.B.; SILVA, H.D.B. Cálculo de NDVI no suporte ao estudo de desertificação no município de Orocó - PE. In: **Anais III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife - PE, p.1-6, 27-30 de julho de 2010.

BELTRAME, Angela da Veiga. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. – Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.

BRASIL. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: de acordo com a Resolução nº 44/228 da Assembleia Geral da ONU, de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento: **Agenda 21**. – Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. Brasília: MMA. 2004.

BRAZ, A.M.; ÁGUAS, T.A.; GARCIA, P.H.M. Análise de índices de vegetação ndvi e savi e índice de área foliar (iaf) para a comparação da cobertura vegetal na Bacia Hidrográfica do Córrego Ribeirãozinho, município de Selvíria - MS. **Revista Percorso - NEMO**, Maringá, v.7, n.2, p.05-22, 2015.

CÂNDIDO, Humberto Gois. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do rio Uberaba - MG**. – Jaboticabal, 2008. 96 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Ministério de Minas e Energia. **Mapa Geológico do Estado do Piauí**. 2ª Versão. Teresina, 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital do Brasil: situação em 2014**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas\_digitais/>. Acesso em 04 de abril de 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Pesquisa Agropecuária Municipal Piauí – anos de 1989 e 2014**. Rio de Janeiro.

INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Mapa de Solos da Folha SB.24 - Jaguaribe**. Escala 1:250.000. Disponível em: <http://www.visualizador.inde.gov.br/>. 2014. Acesso em 27 de novembro de 2015.

---

SANTOS, F. A. S.; AQUINO, C. M. S. ANÁLISE TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL EM TRECHO DO MÉDIO CURSO DA BACIA DO RIO POTI, NORDESTE DO ESTADO DO PIAUÍ. Revista CC&T – Centro de Ciências e Tecnologia da UECE Fortaleza/CE, v. 1, n. 1, p. 21-35, jan/jul. 2019. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/CCiT/>

MELO, E.T.; SALES, M.C.L.; OLIVEIRA, J.G.B. Aplicação do índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do riacho dos cavalos, Crateús-CE. In: **Revista RA´E GA**, v.23, Curitiba, Departamento de Geografia - UFPR. p.520-533. 2011.

PIAUÍ. Gabinete do Governador. Palácio de Karnak. **Projeto de Lei Complementar nº 004, de 14 de fevereiro de 2006**. Estabelece o Planejamento Participativo Territorial para o Desenvolvimento Sustentável do estado do Piauí e dá outras providências. 2006.

RIBEIRO, M.G.; TANAJURA, E.L.X.; CENTENO, J.A.S. Monitoramento de período de seca utilizando subtração de imagem NDVI: Estudo de caso do Reservatório do Irai - PR. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, INPE, Florianópolis, p.1.055-1.062, 21-26 abril. 2007.

SANTOS, F.A.; AQUINO, C.M.S. Análise da dinâmica do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), dos aspectos econômicos e suas relações com a desertificação/degradação ambiental em Castelo do Piauí, Piauí, Brasil. **Revista Electrónica de Investigação e Desenvolvimento**, n.4, p.1-17, junho de 2015.

SANTOS, F. A. **Mapeamento das unidades geoambientais e estudo do risco de degradação/desertificação nos municípios de Castelo do Piauí e Juazeiro do Piauí**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Piauí. Teresina - PI. 2015.

USGS - *United States Geological Service* (Serviço Geológico dos Estados Unidos). **Earth Explorer** - Collection- Landsat Archive. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em janeiro de 2015.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VIGANÓ, H.A.; BORGES, E.F.; FRANCA-ROCHA, W.J.S. Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, INPE, Curitiba - PR, p.1.828-1.834, 30 de abril a 05 de maio de 2011.