



ISSN = 1980-993X – doi:10.4136/1980-993X

www.ambi-agua.net

E-mail: ambi-agua@agro.unitau.br

Tel.: (12) 3625-4212



## **Análise ambiental e do estado de deterioração da microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB, Brasil** (doi:10.4136/ambi-agua.128)

**Josandra Araújo Barreto de Melo<sup>1</sup>; Eduardo Rodrigues Viana de Lima<sup>2</sup>; José Dantas Neto<sup>1</sup>; Ronildo Alcântara Pereira<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

E-mail: ajosandra@yahoo.com.br; zedantas@deag.ufcg.edu.br; ronalcantara@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba - UFPB

E-mail: eduvianalima@gmail.com

### **RESUMO**

Nesta pesquisa foi proposto, a partir da subdivisão da microbacia do Riacho do Tronco em oito sub-microbacias, diagnosticar as aptidões de uso/ocupação das terras em cada uma, identificar as áreas de conflitos de uso e o nível de deterioração ambiental da microbacia como um todo, subsidiando o ordenamento territorial e a minimização dos riscos à desertificação. Fazendo-se uso de técnicas de geoprocessamento e trabalho de campo, foram calculados os parâmetros que permitiram o estabelecimento do Coeficiente de Rugosidade de cada sub-microbacia, segundo metodologia adaptada de Rocha (1997), possibilitando a classificação da aptidão natural destas. Os resultados demonstraram que quatro são aptas para agricultura, três para pecuária e florestamento e uma apenas para florestamento; também se diagnosticou o uso e ocupação das terras atual e foram identificados os conflitos de uso, no caso presente representados pela prática de atividades dissonantes da vocação natural das sub-microbacias, pelos percentuais de solo exposto e pelas áreas de mineração, presentes em algumas sub-microbacias; Dessa forma, a partir da análise das variáveis conflitos de uso, áreas a florestar, disponibilidade ou excesso de áreas agrícolas e áreas a serem trabalhadas para o manejo correto das sub-microbacias, foi possível verificar que a Microbacia do Riacho do Tronco tem um percentual de deterioração de 42,8%. A partir do exposto, evidencia-se um alto nível de deterioração ambiental, com conseqüente propensão à desertificação, haja vista a área estar localizada no Semiárido brasileiro e as atividades econômicas serem desenvolvidas sem preocupações conservacionistas, urgindo a adoção de ações sustentáveis, a serem implementadas pelo poder público e sociedade organizada.

**Palavras-chave:** Microbacia hidrográfica; deterioração ambiental; desertificação.

## **Environmental and deteriorating state analyses of the watershed Riacho do Tronco, Boa Vista, PB, Brazil**

### **ABSTRACT**

This study proposes, from the subdivision of the watershed of Riacho do Tronco in eight sub-watersheds, to diagnose their potential for land use and occupation, determine the areas of conflicts in land use and the level of environmental deterioration of the watershed as a whole, to support planning and the consequent reduction of the expansion of desertification. Based on GIS analysis and field work, the environmental parameters that allowed the establishment of the roughness coefficient of each sub-watershed were calculated, following the methodology proposed by Rocha (1997) for the classification of the natural potential use of each watershed. The results showed that four sub-watersheds are suitable for agriculture, three for livestock and reforestation and one for reforestation only. It was also possible to diagnose land use and occupation of each one and to determine land use conflicts. This

represented by inappropriate use of soil considering the natural vocation of some sub-watershed, as well as the occurrence of bare soil and mining activities that occur in some sub-watersheds. Thus, from the analysis of conflict in land use, areas to be afforested, availability for or intense use of agricultural lands and the estimate of areas where correct management practices have to be implemented, it was observed that the watershed of Riacho do Tronco has 42.7% of its area in deteriorated stage. Therefore, the high level of environmental deterioration is evident, with consequent risk of desertification. In addition, considering that this area is located in the Brazilian semi-arid region with economic activities practiced without conservation concerns, it is necessary that the government and organized society foster sustainable principles in the economic activities in this watershed.

**Keywords:** Watershed; environmental deterioration; desertification.

## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, vem aumentando as preocupações da sociedade quanto à necessidade de conservação ambiental, tendo em vista o aumento do nível de deterioração ambiental, decorrente do modelo de desenvolvimento vigente, no qual predominam valores materialistas que não levam em consideração a capacidade de regeneração da natureza (Sachs, 2007, p. 9).

Em se tratando de questões ambientais, existe a necessidade de desenvolvimento de estudos integradores, sendo valiosa a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento, visto que integra a complexidade do ambiente, por possibilitar analisar as consequências da ação social sobre o meio, numa perspectiva sistêmica (Tundisi, 2003, p. 3). Atualmente, tal unidade de estudo subsidia grande parte da legislação ambiental e do planejamento territorial no Brasil e em outros países, como França, Espanha, entre outros (Botelho e Silva, 2004, p. 53).

Entretanto, apesar dessa tradição, existem diferenças conceituais sobre esse sistema hidrológico e geomorfológico, acarretando em controvérsias por parte da comunidade científica, sobretudo quanto à diferença entre os termos bacia, sub-bacia, microbacia e sub-microbacia hidrográfica, cuja distinção vem ocorrendo a partir do critério da dimensão espacial ou de hierarquia entre os canais fluviais. A partir dessa constatação, na presente abordagem, parte-se do entendimento de que uma bacia hidrográfica é uma área que drena as águas de chuvas por ravinas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente convergindo para uma única saída e desaguando diretamente no mar ou em um grande lago, não apresentando dimensões superficiais definidas; o que a diferencia em relação a sub-bacia e a microbacia é o fato de que essas últimas deságuam diretamente num outro rio e a microbacia apresenta área menor que 20.000 ha (Rocha, 1997, p. 73). Com relação ao termo sub-microbacia, vem sendo adotado para as subdivisões que integram as microbacias, visando à melhor operacionalização dos estudos nessas áreas desenvolvidos (Scapini, 2006, p. 19).

Além da possibilidade de integração de informações, o ponto convergente para a escolha desse ambiente para análise ambiental e planejamento é a constatação de que sua ocupação vem ocorrendo de forma desordenada, ocasionando o aumento da deterioração e propensão do meio a desastres, como o da desertificação que vem ocorrendo no Semiárido brasileiro, atingindo cerca de 55,25% do território, sendo a Paraíba o Estado mais afetado. Segundo dados do Greenpeace (2006), cerca de 29% do território paraibano está comprometido, afetando mais de 653 mil pessoas.

Os estudos de deterioração ambiental vêm sendo realizados a partir dos diagnósticos físico-conservacionistas, que visam contribuir para a utilização sustentável do meio, analisar os conflitos decorrentes da dissonância entre o uso atual e a aptidão das terras e visam avaliar os problemas ocasionados pelas enchentes, secas e erosões (Rocha, 1997, p. 76). No Brasil, podem-se citar os trabalhos de Beltrame (1994), na bacia do Rio do Cedro, SC; Ferreti

(2003), na bacia do rio Guaraqueçaba, PR; Baracuhy et al. (2003), na microbacia de Paus Brancos, PB; Carvalho (2004), na bacia do rio Quebra-Perna, PR; Martins et al. (2005), na bacia do Arroio Cadena, RS; Campos et al. (2005), no Ribeirão Lavapés, SP, entre outros.

Tais diagnósticos têm nas geotecnologias uma importante ferramenta. De acordo com Fitz (2008), estas além de possibilitarem o levantamento do estado do ambiente, dão suporte à tomada de decisões, contando com as características essenciais de referência espacial e análise de dados, tendo substituído os métodos manuais tradicionalmente utilizados na análise espacial (Ribeiro, 2005, p. 204), com o mesmo nível de exatidão, além de permitirem a obtenção de dados menos subjetivos, em menor tempo, com possibilidades de replicação em outras áreas e de forma menos dispendiosa. Toda essa evolução possibilita ao poder público verificar a exequibilidade dos projetos locais, respeitando a legislação ambiental e possibilitando o ordenamento territorial.

Ainda como vantagens adicionais, tem-se que, devido à pouca operacionalidade técnica que dificulta o cumprimento da legislação ambiental brasileira, as metodologias implementadas por meio das geotecnologias tornam-se alternativas viáveis para reduzir as deficiências relativas ao cumprimento das leis, sobretudo em áreas de grandes dimensões, com complexidade e custos de operacionalização em campo elevados. As condições oferecidas permitem integrar informações e realizar correlações espaciais, estabelecer relações de causa e efeito e analisar aspectos temporais impraticáveis pelo uso dos meios tradicionais (Nascimento et al., 2005, p. 208).

Dessa forma, no contexto do Semiárido, onde as secas periódicas afetam o equilíbrio ambiental atingindo, principalmente, a população pobre, que passa a procurar nos recursos naturais, como a vegetação, uma forma de geração e/ou complementação da renda, tornando o ambiente vulnerável à desertificação, esses estudos são fundamentais. Segundo informações do IPCC (2001), nessa região, os desmatamentos e queimadas são os principais agravantes da desertificação, pois a redução da cobertura vegetal acelera a erosão e a evapotranspiração potencial, aumentando o déficit do balanço entre a captação e a perda de água.

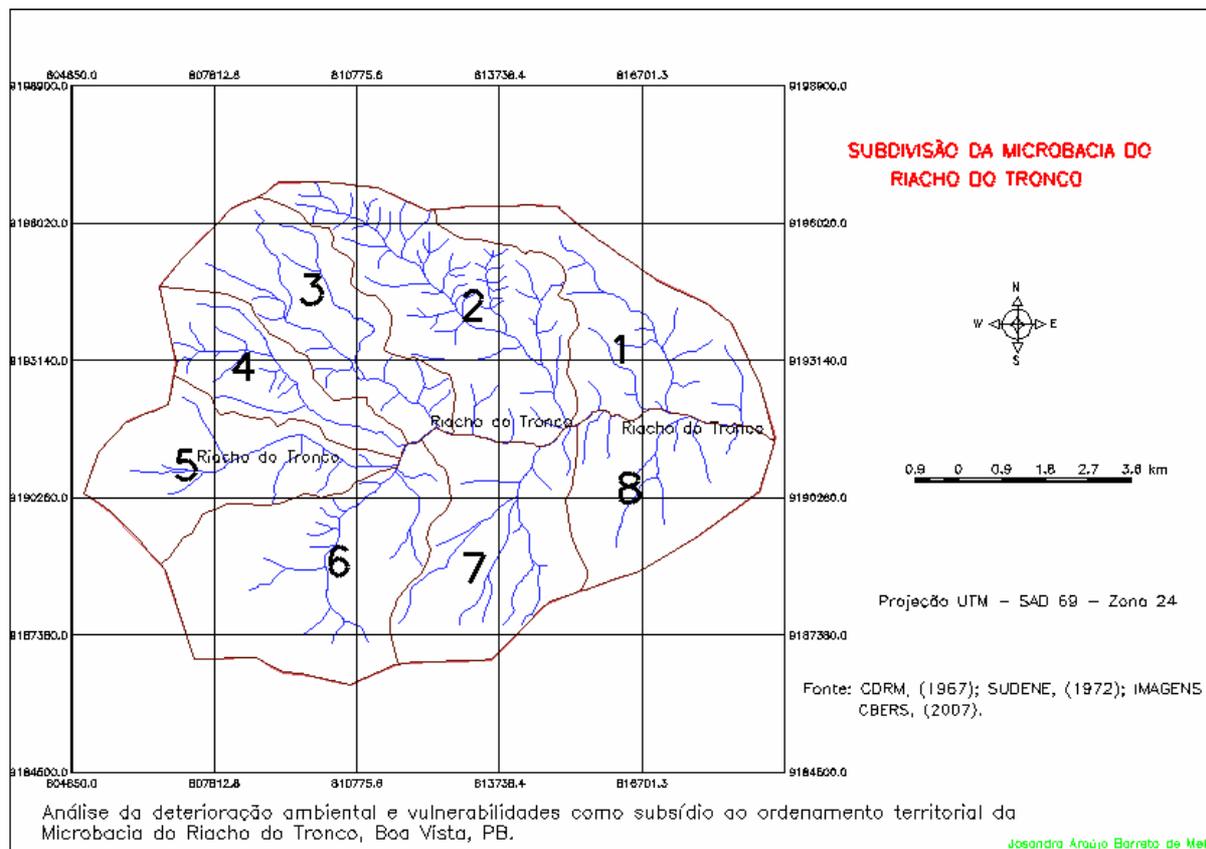
De acordo com Corrêa (2010), as informações do monitoramento do desmatamento no bioma Caatinga, realizado entre 2002 e 2008, revelam que tal formação vegetal, que constitui o único bioma exclusivamente brasileiro, possui atualmente metade de sua cobertura vegetal original. Em 2008, a vegetação remanescente da área era de 53,62%. Dados revelam que, nesse período, o território devastado foi de 16.576 km<sup>2</sup>, o equivalente a 2% da Caatinga. A taxa anual média de desmatamento na mesma época ficou em torno de 0,33% (2.763 km<sup>2</sup>).

Nesse contexto, o uso dos Sistemas de Informações Geográficas e do Sensoriamento Remoto, auxiliados pelo conhecimento da realidade, dos aspectos técnicos e da legislação, permite ao poder público e população local verificar a viabilidade de adoção de medidas de mitigação do atual grau de deterioração ambiental.

A problemática mencionada faz parte da realidade socioambiental da microbacia do Riacho do Tronco, localidade que, visivelmente, permite verificar acentuados impactos ambientais decorrentes da ausência de planejamento para o desenvolvimento das atividades econômicas. A partir desses pressupostos, o presente trabalho objetiva realizar uma análise ambiental que permitirá diagnosticar a aptidão de uso das terras na microbacia, verificar se o uso/ocupação atual está de acordo com a aptidão e, com isso, determinar as áreas de conflitos e o nível de deterioração ambiental da microbacia como um todo, fornecendo subsídios para o ordenamento territorial da área e conseqüente redução dos riscos à desertificação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A Microbacia do Riacho do Tronco apresenta área de 10.556,52 ha e tem todo o seu território localizado na zona rural do município de Boa Vista, PB, entre as coordenadas UTM 804117 e 820006 m E e 9185857 e 9197073 m N, conforme Figura 1.



**Figura 1.** Microbacia do Riacho do Tronco, localizada na zona rural do município de Boa Vista, PB. **Fonte:** Adaptado de fotografias aéreas de 1967 disponibilizadas pela Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado da Paraíba (Governo do Estado da Paraíba, 1967) e carta topográfica da SUDENE (Brasil, 1972b).

A microbacia do Riacho do Tronco é uma das contribuintes da Sub-bacia do riacho São Pedro, um dos principais afluentes do rio Bodocongó, integrante do Paraíba. Toda a sua rede de canais tem regime intermitente, visto que o clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh, quente e seco, com precipitações que não ultrapassam 500 mm/ano, distribuídas em cerca de três meses consecutivos e evaporação em torno de 2.000 mm anuais, o que gera um elevado déficit hídrico (Governo do Estado da Paraíba, 2006, p. 17).

Como forma de melhor sistematizar o presente trabalho numa perspectiva sistêmica, assim como aplicar a metodologia preconizada por Rocha (1997), a área total da microbacia foi subdividida em oito sub-microbacias hidrográficas, a partir da compartimentação geomorfológica, obtida a partir das curvas de nível, com equidistância de 5 metros, extraídas de imagens do SRTM (2008). Tal subdivisão viabilizou o trabalho de campo e, conseqüentemente, os cálculos dos parâmetros ambientais em laboratório.

### 2.1. Procedimentos Metodológicos

Após a escolha da área de estudo, ocorrida em função do conhecimento das características do meio físico, da alta vulnerabilidade socioeconômica da população e da possibilidade de analisar integradamente as relações sociedade-natureza, foram empreendidos

doze trabalhos de campo, com o georreferenciamento de 154 pontos de impactos e informações de interesse, que possibilitaram melhor distinguir os alvos nas imagens, como a identificação da substituição da mata ciliar por Algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw) DC] na maior parte dos rios, de áreas de solo exposto, de deposição de rejeitos minerais, entre outros.

Também foi estabelecido contato direto com a população, visando melhor compreender a realidade, ou seja, as práticas em curso na microbacia, suas causas e consequências. A partir desses esforços, foi possível desenvolver a presente análise, por meio das seguintes etapas:

- Criação do Banco de Dados no SPRING, versão 4.3.3, obtido do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2008); foram utilizados os dados da carta topográfica (na escala de 1:100.000), elaborada pela SUDENE (Brasil, 1972b) e das imagens do satélite CBERS-2, sensor CCD com resolução de 20 m, órbita 147, ponto 108, datada de 6 de abril de 2007;

- A partir da utilização do aparelho estereoscópico de espelho, foi delimitada a área da microbacia, pela identificação dos divisores de água, mediante interpretação de fotografias aéreas, cedidas pela CDRM, na escala de 1:70.000, datadas de 9 e 10 de dezembro de 1967; em seguida, essas informações foram inseridas em banco de dados do SPRING;

- Importação para o SPRING dos dados de altimetria obtidos de imagens do SRTM (2008), que permitiram a elaboração das curvas de nível, com equidistância de 5 metros e a subdivisão da área da microbacia em oito sub-microbacias hidrográficas, procedimento necessário à aplicação da metodologia utilizada;

Processamento digital das imagens, mediante os seguintes procedimentos:

- Georreferenciamento ou registro: realizado pela criação de cinco pontos de controle assinalados na carta topográfica, a partir de aspectos singulares da rede de drenagem da microbacia, que foram concomitantemente identificados na imagem;

- Segmentação: pelo método Crescimento de Regiões;

- Geração do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada/IVDN: obtida a partir das bandas espectrais 3 e 4. Objetivando uma maior distinção entre os alvos, aplicou-se contraste ao produto, pela operação fatiamento arco-íris, criando uma imagem sintética;

- Geração de uma Composição Multiespectral Ajustada: imagem sintética obtida a partir do posicionamento da banda 3 no canal vermelho, da imagem IVDN no canal verde e da banda 1 no canal azul, seguida da equalização dos histogramas;

- Classificação de padrões: deu-se por meio do método de Extração de Regiões, sendo constituída pelas fases de treinamento, classificação e mapeamento. Utilizou-se o classificador Bhattacharya, com limiar de aceitação de 99,9%. A vetorização das imagens classificadas foi realizada pela função Mapeamento. A partir dessa etapa, foi feita a transformação da imagem do formato *raster* para o vetorial;

- Leitura das medidas de classes (vegetação densa, semidensa, pecuária, agricultura, solo exposto, mineração, e reservatórios de água): possibilitou a elaboração dos percentuais de cada classe em todas as sub-microbacias;

- Edição dos mapas temáticos: os mapas resultantes do comportamento espectral da vegetação, da dinâmica de utilização das terras, conflitos de uso e dos níveis de deterioração, foram criados no módulo SCARTA, *software* complementar que acompanha o SPRING;

- Através da ferramenta Operações Métricas do SPRING, foi feita a aplicação da metodologia adaptada Rocha (1997), a partir das seguintes etapas:

- Comprimento da vazão superficial (L): quanto maior for o valor de C, maior será o perigo de erosão. Para determinar tal valor utilizou-se a seguinte equação:  $C = \sum L_i$

Sendo:

$\sum L_i$  = somatório das distâncias equidistantes desde a linha do divisor de águas ao primeiro afluente (ravina) em cada sub-microbacia;

C = comprimento da vazão superficial, em km.

- Densidade de drenagem: corresponde ao somatório do comprimento das ravinas, canais e tributários divididos pela área da sub-microbacia;

- Somatório das curvas de nível: também obtido, em cada sub-microbacia, mediante o uso da ferramenta Operações Métricas do SPRING;

- Declividade média: o método utilizado por Rocha (1997) para calcular a declividade média de uma sub-microbacia é dado pela equação:  $H = 100 \cdot (\sum CN \cdot \Delta h) / A$

Sendo:

H = declividade média (%);

$\sum CN$  = somatório do comprimento das curvas de nível (CN) em (m);

$\Delta h$  = equidistância entre as curvas de nível (m);

A = área da sub-microbacia (ha).

- Coeficiente de Rugosidade: a determinação de tal coeficiente comparada com o uso atual da terra identifica as áreas de conflitos ambientais nas microbacias, constituindo uma ferramenta indispensável ao planejamento. Pode ser definido pela equação:  $CR = D \times H$ ;

Sendo:

CR = coeficiente de rugosidade;

D = densidade de drenagem;

H = declividade média.

Em ambientes rurais, Rocha (1997) aponta quatro classes de aptidão de uso da terra, estabelecidas em função da relação entre o maior e o menor CR, a saber: A, B, C e D, aptas respectivamente para agricultura, pastagem, pastagem/florestamento e apenas florestamento. A aptidão de cada sub-microbacia é estabelecida a partir da relação entre os elementos amplitude, estabelecida pela diferença entre o maior e o menor CR e intervalo, calculado pela divisão da amplitude por quatro, que é o número de classes de aptidões.

- Cálculo das classes de uso da terra: após classificação da imagem, foi possível vetorizar tais classes e efetuar os cálculos que permitiram conhecer os percentuais de vegetação, das áreas a florestar, das áreas disponíveis e em excesso para agricultura, identificar as áreas de conflitos ambientais e as áreas a serem trabalhadas em cada sub-microbacia para o manejo adequado e, por fim, verificar o grau de deterioração ambiental por sub-microbacia e da microbacia do R. do Tronco.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

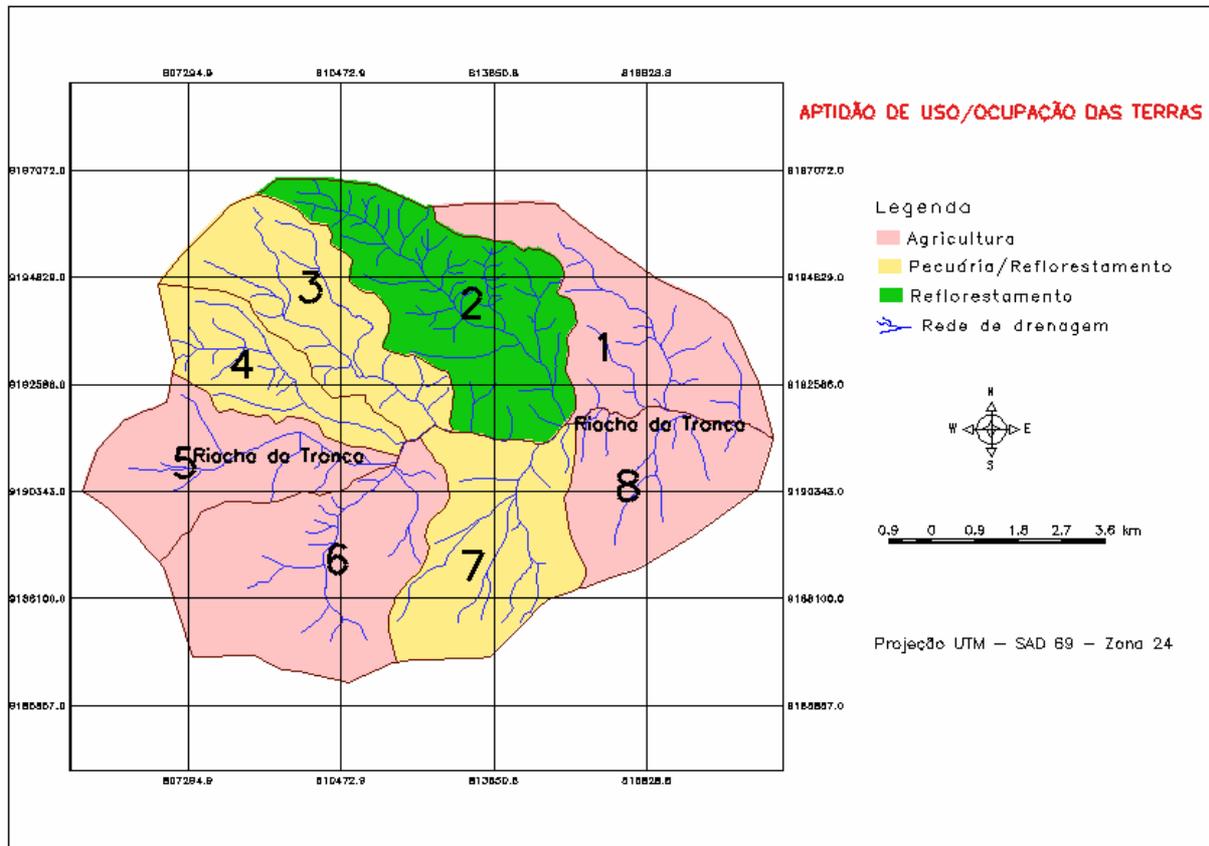
#### 3.1. Aptidão de uso/ocupação do solo

Na Tabela 1, encontra-se a declividade, a densidade de drenagem e o coeficiente de rugosidade, as classes e a aptidão de uso da terra por sub-microbacia.

**Tabela 1.** Aptidão do uso/ocupação do solo por sub-microbacia.

Sub-microbacia	Declividade (%)	D (Km/h)	CR	Classes	Uso
1	3,5	11,5	39,7	A	Agricultura
2	3,8	24,6	93,5	D	Florestamento
3	3,8	16,8	63,6	C	Pastagem/florestamento
4	3,4	19,9	67,2	C	Pastagem/florestamento
5	2,8	10,5	29,8	A	Agricultura
6	3,3	8,5	28,0	A	Agricultura
7	5,5	13,2	72,6	C	Pastagem/florestamento
8	3,1	10,2	31,7	A	Agricultura

A classe A abrange as sub-microbacias um, cinco, seis e oito; nenhuma sub-microbacia se enquadra na classe B; a classe C abrange as sub-microbacias três, quatro e sete; e a sub-microbacia dois se enquadra na classe D, por congregar o maior produto resultante da relação entre a densidade de drenagem e a declividade média. A Figura 2 espacializa tal distribuição.



**Figura 2.** Aptidão de uso/ocupação das terras por sub-microbacia.

Quanto à declividade média, vê-se na Tabela 1 que todas as sub-microbacias apresentam tal índice inferior a 10%, não sendo o relevo um fator limitante para o desenvolvimento das atividades econômicas. A maior declividade (5,5%) foi diagnosticada na sub-microbacia sete, devido a presença da Serra do Monte, na sua porção sul; a sub-microbacia cinco é a mais plana e nela localiza-se a nascente do Riacho do Tronco. Pelos parâmetros da metodologia, a restrição que ocorre para o desempenho das atividades agrícolas em algumas sub-microbacias se dá pela acentuada rede de drenagem que, mesmo intermitente, quando da ocorrência de chuvas, carrega o solo desprotegido para o leito dos rios e açudes, o que reforça a conclusão de que essas áreas devem estar protegidas por vegetação.

Com relação à densidade de drenagem, vê-se na Tabela 1 uma maior representatividade da mesma na sub-microbacia dois que, por este motivo, teve sua aptidão direcionada apenas ao florestamento/reflorestamento. Entretanto, nessa área está localizada a antiga Fazenda Malhada, que foi desapropriada pelo INCRA e transformada em 44 lotes para assentamentos, o que amplia o uso da terra com atividades dissonantes da vocação natural. Quanto às restrições para o uso agrícola das demais sub-microbacias de Classe C, também podem ser atribuídas à alta densidade de drenagem.

Por fim, as demais unidades (de Classe A) estão aptas para serem ocupadas com atividades agrícolas e/ou com os outros usos. Dessas, apenas a sub-microbacia um concentra ocupação humana, sendo a pecuária responsável por mais de 50% do uso, enquanto as áreas agrícolas representam menos de 30% e são direcionadas ao abastecimento da pecuária

(plantios de palma - *Opuntia ficus-indica* Mill. e capim elefante - *Pennisetum purpureum* Schumacher); as demais sub-microbacias são áreas de latifúndios para o desenvolvimento da pecuária e da mineração, atividade mais representativa na sub-microbacia seis.

De acordo com a metodologia utilizada, os resultados encontrados restringem apenas 48,47% do território da microbacia para uso em atividades agrícolas, entretanto a inaptidão agrícola dessas terras já vem sendo documentada há algum tempo, mesmo que por outros condicionantes. Segundo o Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (Governo do Estado da Paraíba, 1978), as terras do município de Boa Vista, em sua totalidade, não são aptas para agricultura devido à escassez hídrica. Tal instrumento direciona o uso destas para a pecuária, com a adoção de técnicas conservacionistas, todavia, nos moldes em que a atividade vem se desenvolvendo, está se acentuando o grau de deterioração ambiental. Esse fato é comum no Semiárido, mas também em outras regiões, a exemplo do que concluíram Campos et al. (2005), ao fazerem o levantamento físico-conservacionista do Ribeirão Lavapés, Botucatu, SP e encontrarem um percentual de deterioração de 69,46%, sendo a pecuária um dos maiores agravantes.

Além disso, no caso da sub-microbacia dois, tem-se como agravante para o seu uso agrícola, que a tipologia de solos predominante em quase 90% do seu território é a Associação entre PLANOSSOLOS NÁTRICOS sálcos Típicos e NEOSSOLOS LITÓLICOS Eutróficos Típicos (EMBRAPA, 2006), caracterizados como solos halomórficos, com horizonte B com saturação com sódio trocável acima de 15%, rasos e mal drenados, apresentando baixa fertilidade associada à forte aridez, o que constitui limitações severas ao seu aproveitamento agrícola (Brasil, 1972a, p. 437). O mesmo também ocorre com parte das sub-microbacias três e quatro que tem 70 e 23,40%, respectivamente, dos seus territórios comportando essa tipologia de solo.

### 3.2. Uso/ocupação das terras na atualidade

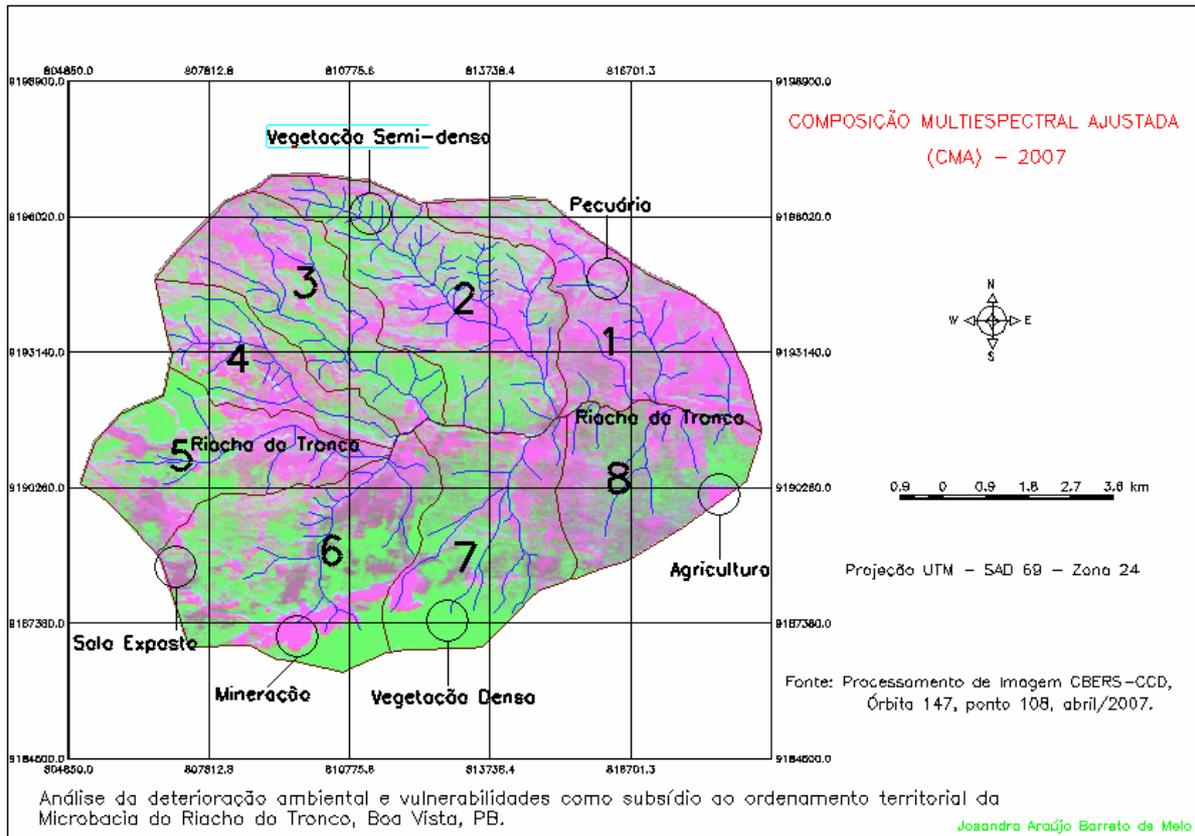
Antes de efetuar a classificação da imagem e sua posterior vetorização, objetivando auxiliar na identificação das classes de uso/ocupação das terras, foram aplicados algoritmos visando verificar as relações solo exposto/vegetação, o que constituiu na geração de uma composição multispectral ajustada da microbacia em análise, possibilitando uma visão geral do nível de deterioração ambiental desta. A Figura 3 representa o produto da operação.

A imagem sintética apresentada permite fazer a interpretação baseada na textura e nos tons. É possível observar que as áreas de solo exposto e mineração podem ser identificadas pelo tom magenta que, quanto mais homogêneo, mais intensa é a exposição do solo às intempéries. A mistura entre os tons magenta e verde, que configura uma textura heterogênea, representa as áreas de agricultura e pecuária. Essas áreas, quase sempre mais planas e próximas das áreas mais úmidas, estão submetidas a toda sorte de pressões antrópicas, sendo as mais vulneráveis à desertificação, de nível moderado a severo.

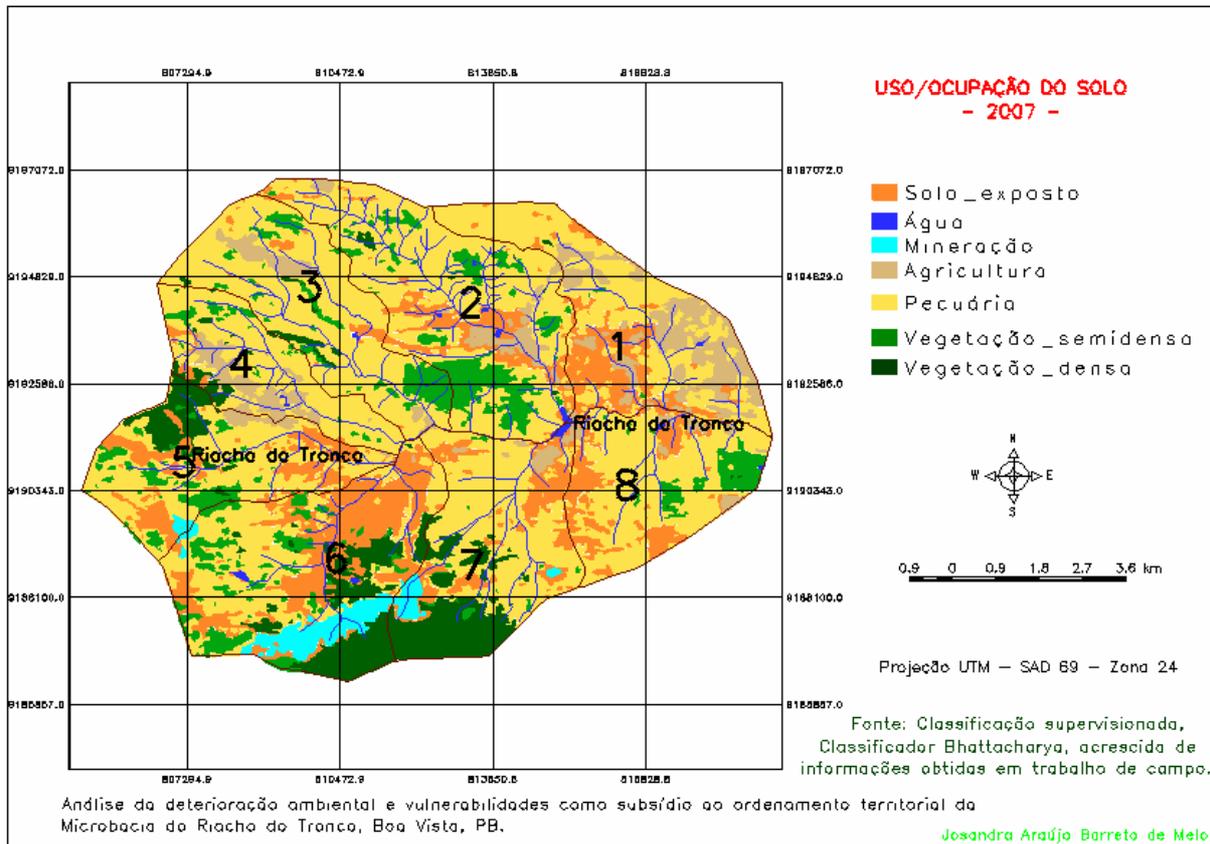
Nas áreas onde predomina a vegetação mais exuberante, existe a presença de tons homogêneos verdes, que são pouco representativos em todas as sub-microbacias, sendo a área da Serra do Monte (porção sul das sub-microbacias seis e sete) a exceção, visto que se trata de área de preservação permanente, que ainda concentra boa diversidade de espécies, apesar das ameaças decorrentes do processo de mineração que se desenvolve em seu entorno.

Por fim, as tonalidades de verde menos homogêneo definem as regiões onde a vegetação se encontra menos conservada e/ou com estresse hídrico. Essas áreas estão desaparecendo devido à expansão da pecuária, que deixa o solo exposto, na cor magenta.

Esses procedimentos, em conjunto com o trabalho de campo, possibilitaram a classificação supervisionada da imagem e a identificação do uso/ocupação das terras por sub-microbacia, cuja espacialização está representada pela Figura 4 e os percentuais dispostos na Tabela 2.



**Figura 3.** Composição Multiespectral Ajustada da Microbacia do Riacho do Tronco.



**Figura 4.** Uso/ocupação das terras por sub-microbacia.

**Tabela 2.** Uso/ocupação das terras em cada uma das sub-microbacias.

Sub microbacia	Área das Classes		Caatinga Densa	Caatinga Semi-densa	Pecuária	Áreas agrícolas	Espelho de Água	Mineração	Solo Exposto
1	(ha)	1353,2	1,2	3,0	697,4	357,7	2,7	0,0	291,2
	%	<b>12,8</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>51,5</b>	<b>26,4</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>21,5</b>
2	(ha)	1744,8	9,1	266,5	1139,0	94,6	8,3	0,0	227,3
	%	<b>16,5</b>	<b>0,5</b>	<b>15,3</b>	<b>65,3</b>	<b>5,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	<b>13,0</b>
3	(ha)	1229,2	25,9	134,8	963,7	68,9	1,4	0,0	34,4
	%	<b>11,6</b>	<b>2,1</b>	<b>11,0</b>	<b>78,4</b>	<b>5,6</b>	<b>1,1</b>	<b>0,0</b>	<b>2,8</b>
4	(ha)	770,5	44,1	31,4	526,1	140,0	2,6	0,0	26,4
	%	<b>7,3</b>	<b>5,7</b>	<b>4,1</b>	<b>68,3</b>	<b>18,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>3,4</b>
5	(ha)	1150,5	146,4	106,8	609,0	30,7	0,0	10,1	247,4
	%	<b>10,9</b>	<b>12,7</b>	<b>9,3</b>	<b>52,9</b>	<b>2,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,9</b>	<b>21,5</b>
6	(ha)	1854,5	316,4	192,8	582,2	1,0	5,1	163,4	593,6
	%	<b>17,6</b>	<b>17,1</b>	<b>10,4</b>	<b>31,4</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>8,8</b>	<b>32,0</b>
7	(ha)	1371,9	325,0	13,3	730,6	31,8	5,0	43,4	222,9
	%	<b>13,0</b>	<b>23,7</b>	<b>1,0</b>	<b>53,3</b>	<b>2,3</b>	<b>0,4</b>	<b>3,2</b>	<b>16,2</b>
8	(ha)	1081,9	1,0	109,9	704,3	40,8	2,3	0,0	223,7
	%	<b>10,2</b>	<b>0,1</b>	<b>10,2</b>	<b>65,1</b>	<b>3,8</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>20,7</b>

Observa-se a predominância das áreas de pecuária sobre os demais usos, embora nem todas as sub-microbacias tenham tal vocação. Nota-se pela classificação que, apesar de haver uma separação entre áreas ocupadas por pecuária e vegetação semidensa, a última categoria faz parte das áreas que congregam a primeira, encontrando-se em locais cuja exploração não é tão intensa.

Pode-se verificar também que, em todas as sub-microbacias, o percentual de vegetação densa é pequeno em relação às exigências legais; quanto à vegetação semidensa, vê-se que é nas sub-microbacias um e sete, que os valores são mais deficitários, distantes dos valores preconizados pelo Código Florestal brasileiro. Isso ocorre porque a sub-microbacia um é a mais ocupada e as práticas em curso não são planejadas e/ou orientadas para a conservação; a sub-microbacia sete é utilizada com pastagens, também sem preocupações conservacionistas.

No que concerne as áreas agrícolas, são escassas, não pelo conhecimento da população sobre os parâmetros dessa metodologia, mas em decorrência das limitações hídricas; da insuficiência de mão de obra, tendo em vista que os preços pagos pelos serviços são baixos; dos baixos preços dos produtos no mercado, que não compensam maiores investimentos em produção. Dessa forma, os plantios são representados apenas por algumas culturas – milho (*Zea mays*. L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), que se desenvolvem no entorno das residências, apenas no período de chuvas. O cultivo mais representativo é o da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill), que é utilizada como fonte de alimentação animal, embora pudesse ser mais explorada nas sub-microbacias de vocação agrícola, tendo em vista seu potencial proteico e de adaptação às condições climáticas locais.

Por outro lado, é nas sub-microbacias de vocação agrícola que se encontram os maiores percentuais de solo exposto, entretanto estes não são decorrentes do uso anterior com agricultura, mas com pastagem (sub-microbacias um e oito) e mineração (sub-microbacias cinco e seis). Há que se destacar que a atividade de mineração não deixa o solo exposto apenas nas áreas de exploração da argila Bentonita, mas existem os trabalhos de prospecção, nos quais são removidas as camadas de solo e realocadas nas imediações e de deposição dos resíduos da mineração, que não são reaproveitados para nenhum fim. Trata-se de um impacto

ambiental que já atinge dezenas de hectares. A partir da fiscalização dos órgãos ambientais, o material residual vem sendo recoberto por uma camada de solo e vêm sendo introduzidas espécies nativas, principalmente cactos, numa tentativa de reflorestamento, entretanto o êxito é mínimo, tendo em vista se tratar apenas de uma remediação para cumprir exigências legais.

Ainda de acordo com a Tabela 2, vê-se que uma das características típicas das microbacias do Semiárido também foi observada nas sub-microbacias estudadas – trata-se da pequena quantidade de reservatórios de água. O total contabilizado na microbacia como um todo (27,44 ha), é resultante do acúmulo em algumas pequenas barragens e açudes. Esses resultados corroboram com os encontrados por Pereira et al. (2009) quando analisaram imagens de satélite do município de São João do Cariri, também no Semiárido paraibano e constataram tal escassez.

### 3.3. Nível de deterioração ambiental

As etapas até aqui apresentadas constituem a base para a elaboração da Tabela 3, que apresenta as variáveis que possibilitaram o cálculo do nível de deterioração ambiental na microbacia do Riacho do Tronco, por meio da sua subdivisão em sub-microbacias.

**Tabela 3.** Variáveis que possibilitaram o cálculo do grau de deterioração ambiental.

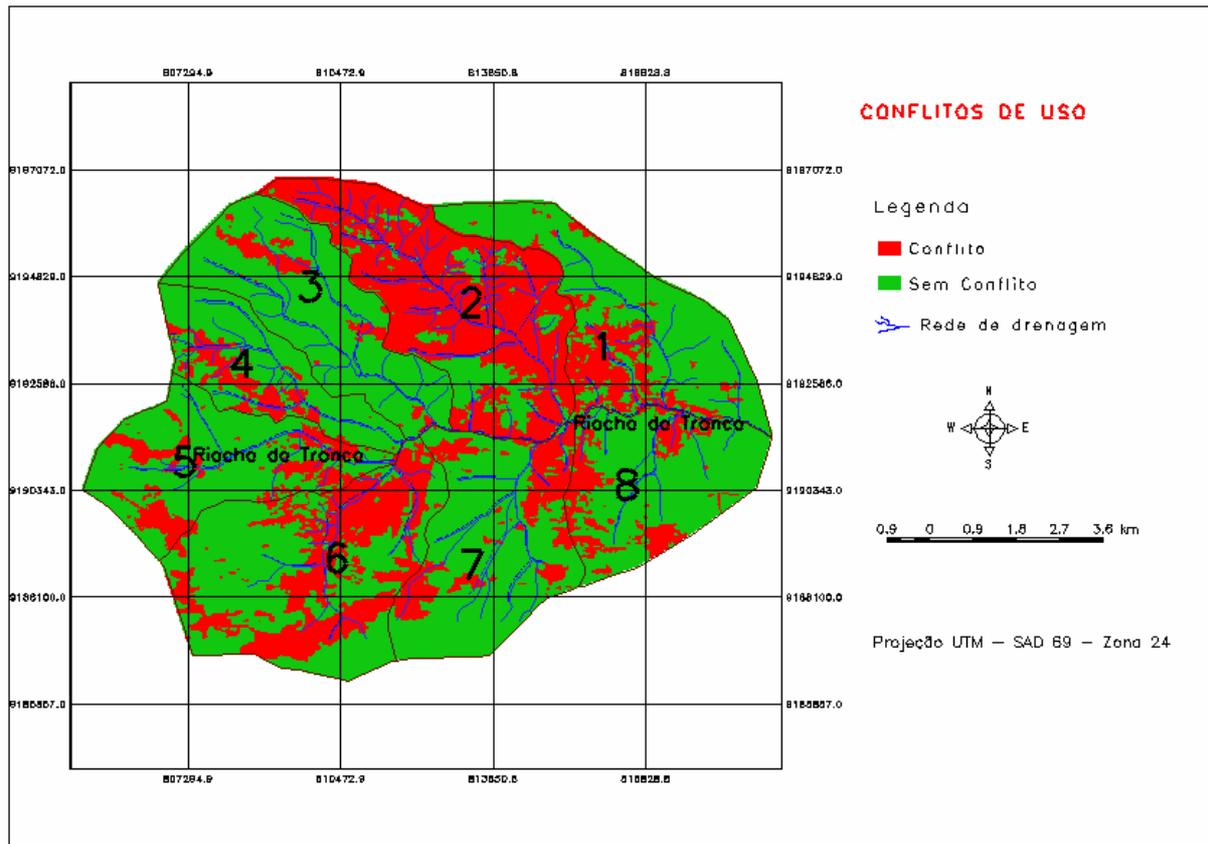
Sub-microbacia	Classes de CR	Área (ha)	Conflitos de uso* (%)	Vegetação (%)	Área a florestar** (%)	D/E*** (%)	Área a ser trabalhada (%)	Área deteriorada (%)
1	A	1353,2	21,5	0,3	24,7	-51,5	97,7	46,2
2	D	1744,8	83,7	15,8	9,2	5,4	98,3	92,9
3	C	1229,2	8,4	13,1	11,9	5,6	25,9	20,3
4	C	770,5	21,6	9,8	15,2	8,2	55,0	36,8
5	A	1150,5	22,4	22,0	3,0	-52,9	78,3	25,4
6	A	1854,5	40,8	27,5	-	-31,4	72,2	40,8
7	C	1371,9	21,7	24,7	0,3	2,3	24,4	22,1
8	A	1081,9	20,7	10,3	14,8	-65,1	100,0	35,4
<b>Total</b>		<b>10.556,5</b>	<b>33,7</b>	<b>16,4</b>	<b>9,1</b>	<b>+ 3,2/ - 24,6</b>	<b>70,5</b>	<b>42,8</b>

\*Os conflitos de uso podem ser assim identificados: Sub-microbacias de Classe A: presença de solo exposto e mineração; Sub-microbacias de Classe C: ocupação com qualquer tipo de agricultura, solo exposto e mineração; Sub-microbacias de Classe D: ocupação com qualquer tipo de agricultura, solo exposto, mineração e pecuária.

\*\*Considerando-se o percentual de 25% para as microbacias com declividades inferiores a 15%.

\*\*\*D corresponde às áreas disponíveis para agricultura nas sub-microbacias que apresentam aptidão agrícola; E significa excesso de áreas agrícolas, ou seja, nas sub-microbacias que não têm aptidão agrícola, qualquer percentual de plantio representa excesso.

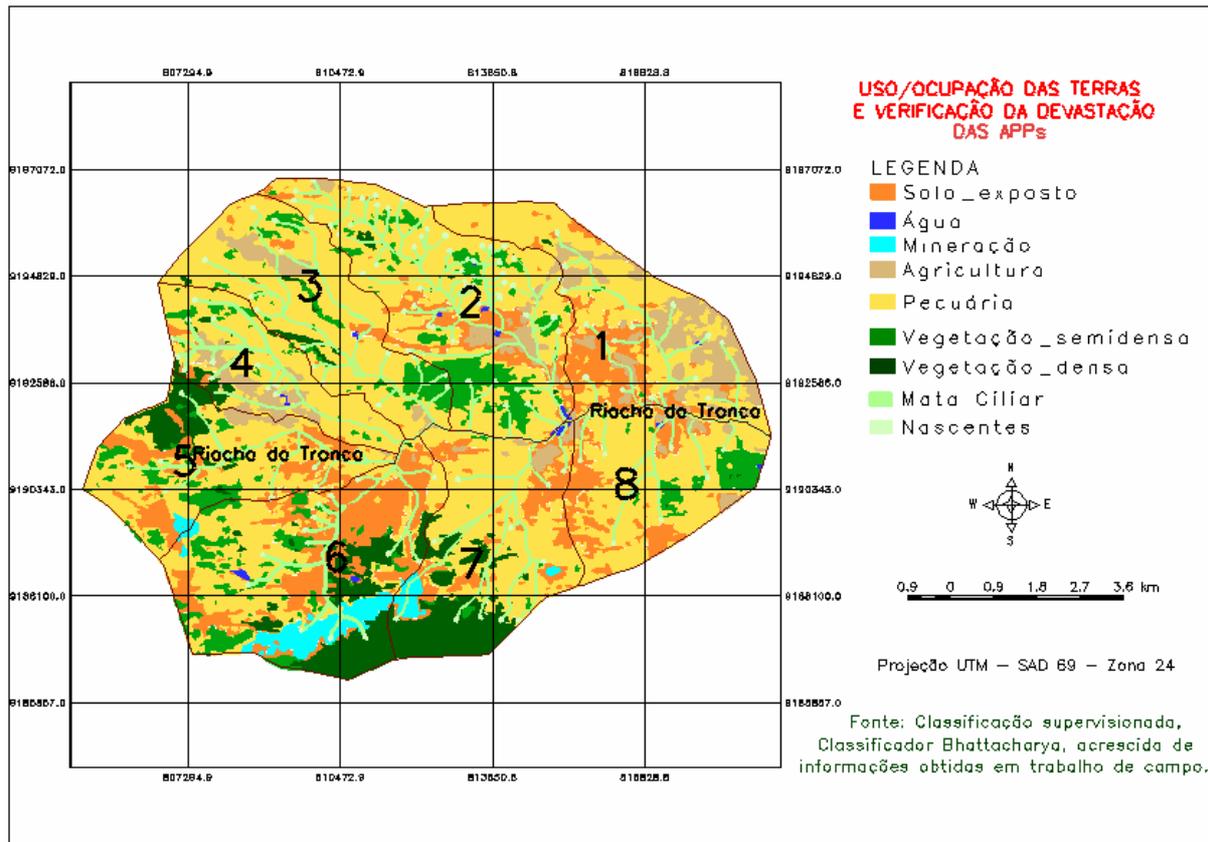
Levando-se em consideração que as áreas de conflitos podem ser entendidas como aquelas em que o uso das terras não está de acordo com sua aptidão (Freitas e Carvalho, 2007, p. 111), no caso presente, foram detectados conflitos de uso em todas as sub-microbacias, conforme representação pela Figura 5.



**Figura 5.** Conflitos de uso presentes na Microbacia do Riacho do Tronco.

Dessa forma, verifica-se que todas as sub-microbacias apresentam conflitos, embora os percentuais mais críticos ocorram nas sub-microbacias dois e seis correspondendo, respectivamente, a 83,73% e 40,82% da área. Por outro lado, a sub-microbacia três foi a que apresentou o menor percentual (8,41%), ocasionado pela agricultura e solo exposto.

Com relação à cobertura florestal, todas as sub-microbacias apresentam defasagem nos percentuais preconizados para um bom manejo integrado de microbacias que, segundo o Código Florestal Brasileiro (Brasil, 1965), para as bacias de declividade inferior a 15% é de 25%. A única exceção foi a sub-microbacia seis, que ainda concentra 27,46% de vegetação, embora esse número se deva a presença da Área de Proteção Ambiental da Serra do Monte, pois assim como as demais sub-microbacias, nessa também as matas ciliares e a vegetação das nascentes deram lugar aos outros usos requerendo, igualmente, o reflorestamento dos setores estratégicos, conforme pode ser verificado na Figura 6, onde as áreas que representam as matas ciliares compreendem a faixa de 30 metros ao longo dos rios e 50 metros no entorno das nascentes, conforme recomendações expressas no Código Florestal (Lei 4.771/62).



**Figura 6.** Uso/ocupação das terras e verificação da devastação das nascentes e matas ciliares.

Enquanto isso, as sub-microbacias um e quatro são as que apresentam um maior déficit de vegetação em relação ao percentual de 25%, demonstrando a magnitude do antropismo no local. Isso ocorre porque são as sub-microbacias mais ocupadas e seu uso ocorre com pecuária e agricultura, já sendo representativo o percentual de solo exposto, decorrente de práticas agrícolas inadequadas e superpastoreio. Esses resultados corroboram com os encontrados por Baracuhy et al. (2003), quando analisaram a deterioração físico-conservacionista da microbacia de Paus Brancos, localizada em área limítrofe com a presente e verificaram deterioração de até 100% da cobertura vegetal em algumas sub-microbacias.

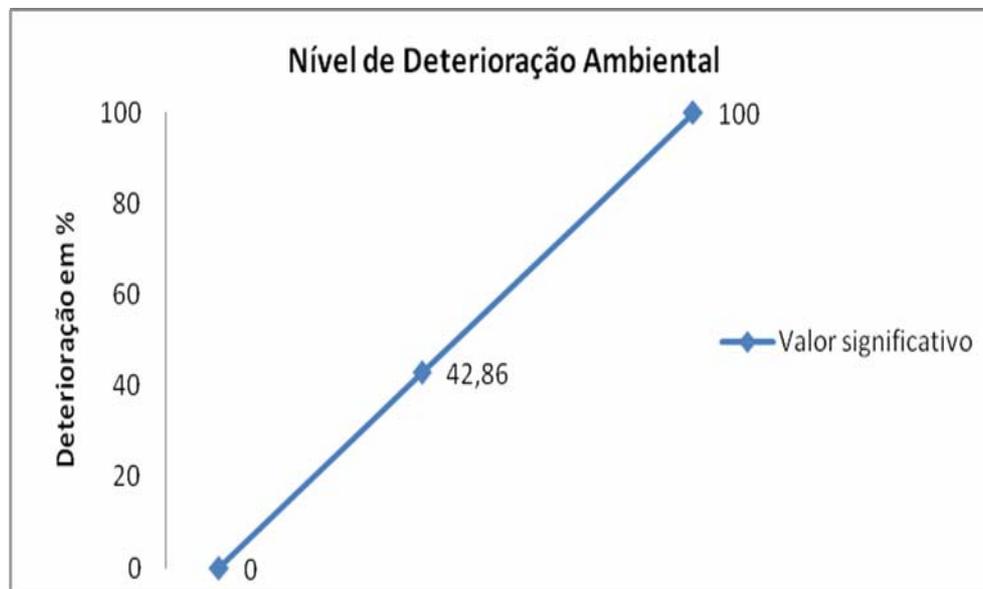
Quanto às áreas a florestar, vê-se que na microbacia como um todo é de 957,1 ha, devendo ser priorizadas as Áreas de Preservação Permanente. Entretanto, nas sub-microbacias de menor densidade de drenagem, mesmo tais áreas sendo reflorestadas, o percentual de vegetação não chegará a 25% requerendo, portanto, fiscalização e incentivo dos órgãos ambientais para o cumprimento, pelos proprietários, do percentual que deve ser direcionado para as áreas de Reserva Legal, ou seja, de 20% das propriedades. Ressalta-se que deve haver um planejamento seguido de um processo de conscientização da população para tal fim.

No que concerne às variáveis disponibilidade e excesso de áreas para agricultura (D/E), vê-se que nas sub-microbacias de Classe A existe disponibilidade para tal fim, embora sendo nas sub-microbacias cinco, seis e oito onde menos se encontram culturas agrícolas, sendo utilizadas para mineração e pastagem; já as sub-microbacias dois, três, quatro e sete apresentam excessos, ou seja, concentram percentuais maiores do que deveriam, porém isso não se deve a ocupação do solo com agricultura, mas pela inaptidão para tal uso.

Ainda pode-se verificar, na Tabela 3, que mais de 70% do território da microbacia como um todo deve ser trabalhado com ações de recuperação ambiental, visando à reversão dos conflitos de uso e da deterioração ambiental. A deterioração de cada sub-microbacia foi

avaliada levando-se em consideração as áreas de conflitos e as áreas a florestar e retratam a prioridade do manejo integrado visando à reversão de tal processo.

Por fim, a partir da média estabelecida entre os percentuais de deterioração das oito sub-microbacias, contabilizou-se um grau de deterioração geral da microbacia do Riacho do Tronco, de 42,8%, conforme representação na Figura 7.



**Figura 7.** Percentual de deterioração ambiental da microbacia do R. do Tronco, Boa Vista, PB.

Esse resultado é muito preocupante, sobretudo pelo comprometimento de ambientes estratégicos (nascentes e matas ciliares), pela perda de fertilidade dos solos e exposição à erosão, deixando a área vulnerável ao processo de desertificação, que já se manifesta no local não apenas pelo solo desnudo e exposto aos processos erosivos, mas pela baixa diversidade vegetal, com predominância de espécies mais resistentes, a exemplo do marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), que é o principal arbusto colonizador das caatingas sucessionais do semiárido (Santana, 2009, p. 85). Como agravante tem-se que os níveis de precipitação são baixos, dificilmente superando 500 mm anuais (Governo do Estado da Paraíba, 2008), inexistem políticas públicas eficazes de convivência com os efeitos desse fenômeno (Melo et al., 2009) e as atividades econômicas, nos moldes que são desenvolvidas no local – mineração, pecuária extensiva e agricultura sem nenhum acompanhamento técnico, acarretam impactos significativos ao meio.

#### 4. CONCLUSÕES

Foi encontrado um percentual de deterioração ambiental de 42,8% na Microbacia do Riacho do Tronco, diagnosticado a partir das variáveis:

- Conflitos de uso superando 30,0%, representados pela ocupação das terras com atividades dissonantes da vocação natural em algumas sub-microbacias, bem como pelos percentuais de solo exposto presentes em todas as sub-microbacias e áreas de mineração nas sub-microbacias cinco, seis e sete;

- Deterioração da cobertura vegetal em 77,8%, gerando a necessidade de reflorestamento das Áreas de Preservação Permanente, bem como a implementação das áreas de Reserva Legal nas propriedades, principalmente nas de maior dimensão, visto que nas sub-microbacias de baixa densidade de drenagem as matas ciliares e nascentes, mesmo reflorestadas não chegam a representar 25,0%, percentual estabelecido pela legislação.

A partir do exposto e das práticas em curso, evidencia-se um alto grau de deterioração ambiental na microbacia em análise, com conseqüente propensão à desertificação, o que embasa a certeza de que é premente a necessidade de ações que primem pela sustentabilidade, por meio da implementação de ações de recuperação ambiental em todas as sub-microbacias. Tais ações devem ser produto de um planejamento consistente que leve ao ordenamento do território, a partir da ação conjunta entre o poder público e sociedade civil organizada.

## 5. REFERÊNCIAS

- BARACUHY, J. G. V.; KURTZ, S. M. de J. M.; KURTZ, F. C.; DUARTE, S. M. A.; LIMA, V. L. A. de; ROCHA, J. S. M. da et al. Deterioração físico-conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho Paus Brancos, Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p.159-164, jan./abr. 2003.
- BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: UFSC, 1994. 112 p.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 153-192.
- BRASIL. **Lei nº 4.771**. De 15 de set. de 1965. Institui o Novo Código Florestal. Brasília, 1965. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm)>. Acesso: 10 set. 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado da Paraíba**: interpretação para uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: M.A./CONTAP/USAID/BRASIL, 1972a. 683 p.
- BRASIL. Ministério da Integração Social. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE. **Carta topográfica do Município de Boqueirão, PB (SB-24-Z-D-III)**. 1972b. 1 mapa. Escala 1:100.000.
- CÂMARA, G. et al. SPRING: integrating remote sensing and gis by objectoriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, mai./jun. 1996.
- CAMPOS, S. et al. Levantamento físico-conservacionista do Ribeirão Lavapés, Botucatu, SP. **Rev. Fac. Agron.**, Caracas, v. 22, n. 2, p. 170-184, abr. 2005.
- CARVALHO, S. M. **O diagnóstico físico-conservacionista como subsídio à gestão ambiental da bacia do Rio Quebra-Perna, PR**. 2004. 169f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2004.
- CORREIA, C. **Desmatamento na caatinga já destruiu metade da vegetação original**. Ministério do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.>> Acesso: 03 mar. 2010.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2006. 306 p.

MELO, J. A. B.; LIMA, E. R. V.; DANTAS NETO, J.; PEREIRA, R. A. Análise ambiental e do estado de deterioração da microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 172-188, 2010. (doi:10.4136/ambi-agua.128)

FERRETI, E. R. **Diagnóstico físico-conservacionista**: instrumento para o plano de bacias hidrográficas - uma aplicação na bacia do Rio Tagaçaba, Município de Guaraqueçaba, PR. 2003. 183f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Ofic. de Textos, 2008. 160 p.

FREITAS, A. R.; CARVALHO, S. M. O uso da terra e a legislação: o caso da bacia hidrográfica do Rio Cará-cará, Ponta Grossa, PR. **Terr@ Plural**, Ponta Grossa, v. 1, n. 12, p. 111-118, ago./dez. 2007.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba - CDRM. **Fotografias aéreas**. 1967. Escala 1:70. 000. 1 fotografia.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Secretaria da Agricultura. **Zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba**. João Pessoa: Secretaria da Agricultura/UFPB/FUNAPE, 1978.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia do Meio Ambiente. Secretaria Executiva da Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Plano estadual de recursos hídricos**. Brasília: Consórcio TC/BR, 2006. 112 p.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Agência Executiva de Águas do Estado da Paraíba - AESA. **Dados meteorológicos**. 2008. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br>>. Acesso: 18 ago. 2008.

GREENPEACE. **Mudanças de clima, mudança de vida**. Greenpeace Brasil. 2006. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org.br/clima>>. Acesso em: 30 maio 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Downloads de imagens de satélite**. 2008. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br>> Acesso: 12 mar. 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Assessing key vulnerabilities and the risk from climate change**. 2008. Chapter 19. p. 779-810. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso: 15 ago. 2008.

MARTINS, F. B.; ROCHA, J. S. M da; ROBAINA, A. D.; KURTZ, S. M. de J. M.; KURTZ, F. C.; GARCIA, S. M. et al. Zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do arroio Cadena, Santa Maria, RS: estudo de caso. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 315-322, jul./set. 2005.

MELO, J. A. B. de.; PEREIRA, R. A.; DANTAS NETO, J. Atuação do Estado brasileiro no combate à seca no nordeste e ampliação das vulnerabilidades locais. **Qualit@s Revista Eletrônica**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 1-13, maio/ago. 2009.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220, 2005.

PEREIRA, R. A.; MELO, J. B. de; SILVA, M. T.; ALMEIDA, N. V. Análise do comportamento espectral da cobertura vegetal de uma área de Caatinga, após sucessivas estiagens. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 10, n. 29, p. 88-96, maio 2009.

MELO, J. A. B.; LIMA, E. R. V.; DANTAS NETO, J.; PEREIRA, R. A. Análise ambiental e do estado de deterioração da microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 172-188, 2010. ([doi:10.4136/ambi-agua.128](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.128))

---

RIBEIRO, C. A. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, p. 203-212, 2005.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: UFSM, 1997. 446 p.

SACHS, I. **Rumo à ecossocioeconomia**: teoria e prática do desenvolvimento. São Paulo: Cortez, 2007. 472 p.

SANTANA, J. A. S. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Croton sonderianus* Muell. Arg. (Marmeleiro) na Caatinga da estação ecológica do Seridó. **Revista Verde de Agroecologia**. Mossoró, v. 3, n. 4, p. 85-90, jul./set. 2009.

SCAPINI, G. P. **Diagnóstico físico-conservacionista e sua relação com a sedimentação e preferências da paisagem**. 2006. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION - SRTM. **Mapping the world in 3 dimensions**. 2008. Disponível em: <<http://srtm.usgs.gov/>>. Acesso: 24 out. 2008.

TUNDISI, J. G. A bacia hidrográfica como laboratório experimental... In: SCHIEL, D. et. al. (Orgs.). **O estudo de bacias hidrográficas**: uma estratégia para educação ambiental. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2002. p. 3-8.