



*Universidade Federal da Paraíba*

*Centro de Tecnologia*

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL  
– MESTRADO –**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS DE NASCENTES NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO GRAMAME - PB**

*Fabliciane Finizola Costa*

*Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba  
para a obtenção do grau de Mestre*



*Universidade Federal da Paraíba*

*Centro de Tecnologia*

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA E AMBIENTAL  
– MESTRADO –**

## **AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS DE NASCENTES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO GRAMAME - PB**

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre.

**Fabliciane Finizola Costa**

**Orientador: Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira**

**FABLICIANE FINIZOLA COSTA**

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS DE NASCENTES NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO GRAMAME - PB**

Dissertação aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira – UFPB  
(Orientador)

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadelha – UFPB  
(Examinadora Interna)

---

Prof. Dr. Rivaldo Vital dos Santos – UFCG  
(Examinador Externo)

*Aos meus pais EDMILSON SAMPAIO COSTA e MARIA  
DE FÁTIMA FINIZOLA COSTA, ao meu filho Filipe  
Finizola Costa Farias e ao meu companheiro Rodrigo de  
Oliveira Carvalho.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Acima de tudo a **DEUS**, luz de minha vida, minha fonte de inspiração, meu refúgio, minha fortaleza nos momentos de tribulações, por ter iluminado o meu caminho, permitindo a conquista de mais uma vitória na minha vida.

Aos meus queridos pais e maiores incentivadores, Edmilson Sampaio Costa e Maria de Fátima Finizola Costa, pelo amor, presença constante, apoio incondicional em todas as fases do curso, pelos inúmeros exemplos e por tudo que fizeram para que esse sonho se tornasse realidade, sempre me orientando a trilhar o caminho da verdade, honestidade e, sobretudo respeito.

Ao meu amado e querido filho Filipe Finizola Costa Farias, que tão bem soube superar os meus momentos de ausência e ainda teve força para me incentivar e dar carinho.

A Rodrigo de Oliveira Carvalho, meu companheiro, pela presença constante e inestimável companheirismo nos momentos que fraquejei durante esta jornada estando sempre ao meu lado.

Aos meus sempre amados manos Wedfábio Finizola Costa, Pablíane Finizola Costa da Silva e Wedberkson Finizola Costa pela força, apoio e carinho permanentes.

Aos meus sobrinhos Laryssa Finizola Costa da Silva, Lucas Leite Finizola Costa, Leonardo Leite Finizola Costa e Beatriz Fernandes Finizola da Silva (distante) que mesmo tão jovens, eu sei que querem minha felicidade.

As minhas cunhadas Irani Leite Silva e Luciana Fernandes Moura Santos e ao meu cunhado Bruno Rodrigues da Silva por acreditarem em minhas iniciativas.

Ao meu orientador, Professor Dr. Hamílcar José Almeida Filgueira, pela paciência e palavras de estímulo nos momentos em que às vezes ficava preocupada, mas ele sempre acreditando que tudo iria dar certo e, pela orientação segura e discreta.

Ao Professor Dr. Rivaldo Vital dos Santos, membro externo da banca examinadora, pela disponibilidade da participação e pelas valiosas contribuições, orientações e ensinamentos na elaboração deste trabalho, e, sobretudo, a amizade durante esta jornada.

Ao meu amigo e Professor Paulo de Melo Bastos, diretor do Centro de Saúde e Tecnologia – Campus de Patos da Universidade Federal de Campina Grande, pelo apoio, amizade e respeito durante os momentos de alegrias e tristezas da minha vida profissional.

A Dr<sup>a</sup>. Carmem Lúcia Moreira Gadelha, professora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, membro interno

da banca examinadora, pela disponibilidade na participação e pelos ensinamentos passados durante este curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento do projeto “Análise do potencial de ações integradas para a restauração das funções ecológicas nas nascentes do rio Gramame (PB), sob a influência de unidades rurais de produção familiar” (Processo nº 574633/2008-1, Edital MCT/CNPq/CT-AGRONEGÓCIO/CT-HIDRO – Nº 027/2008), também conhecido por “Projeto restauração das nascentes do rio Gramame”, no qual estava integrada, possibilitando os trabalhos de campo.

Aos bolsistas CNPq do projeto citado anteriormente, Marcelo Ricardo Morato Silva (modalidade EXP-3) e André Luiz da Silva (modalidade ITI-B), por me ajudarem muito durante o período de coleta dos dados, acompanhando no reconhecimento da área de estudo.

A Pedro José César Lima (Analista de Meio Ambiente) e Antônio Fernandes da Silva (Auxiliar Administrativo), ambos funcionários da empresa sucroalcooleira LDC SEV, destilaria GIASA, pela disponibilidade, compreensão na realização de algumas atividades quando foram solicitados e pelas informações valiosas passadas sobre a região de estudo, viabilizando a execução do trabalho.

A Robi Tabolka dos Santos, engenheiro florestal da EMATER – PB, escritório sede de João Pessoa, pelas idas em campo e pelos momentos de discussões filosóficas e conceituais que contribuíram para elucidar dúvidas e equívocas.

A Professora Dr<sup>a</sup>. Maria Camerina Maroja Limeira, UFPB/CCSA/Departamento de Administração, pelo apoio nos trabalhos de campo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental (PPGEUA) da Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de realização deste curso de Pós-Graduação.

Ao Professor Dr. Gilson Barbosa Athayde, Coordenador do PPGEUA, pelo ensejo em proporcionar mais uma vitória em minha vida profissional e pela atenção, dedicação e paciência nos momentos que mais precisei de sua ajuda.

A todos os professores do curso, que contribuíram através dos seus ensinamentos a mais essa conquista.

A todos os funcionários e alunos que fazem parte do LARHENA (Laboratório de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental) e do Laboratório de Hidráulica, ambos da

UFPB/CT/DECA, pela troca de conhecimentos e disponibilização de equipamentos e materiais.

A Nely de Almeida Pedrosa, funcionária do LAQA (Laboratório de Análise Químicas de Alimentos), da UFPB/CT, pelo apoio durante a determinação do atributo químico matéria orgânica.

Aos colegas de turma, mas especificamente Lucy de Fátima de Oliveira Correia e Célia Medeiros Marques pela cumplicidade e apoio mútuo.

Ao meu colega e amigo da graduação Gilmar Luiz do Nascimento, que sempre esteve disposto a me ajudar nas ocasiões mais emaranhadas desta pesquisa.

A Marluce Alves, secretária do programa, que sempre me atendeu com presteza nos momentos em que solicitei os seus serviços.

Enfim, a todos que participaram direta ou indiretamente na realização deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido na zona rural do alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, no município de Pedras de Fogo, Paraíba. O trabalho teve como escopo propor alternativas para restauração ambiental de cinco nascentes: Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha. A pesquisa foi sistematizada em atividades de campo e de laboratórios. Nos trabalhos de campo foram realizadas: caminhadas exploratórias e registros fotográficos para o reconhecimento das áreas das nascentes, com descrição geral de seus elementos georreferenciadas; avaliação in loco das condições do meio ambiente e do uso do solo; caracterização histórica das mesmas, através de entrevistas feitas junto à população local onde se coletou informações sobre o nível de degradação que ocorreu na região ao longo do tempo e a caracterização do solo e da cobertura florestal nas áreas de entorno das nascentes. No estudo foi realizada inicialmente uma análise visual analisando-se as condições da cobertura do solo, topografia, uso agrícola, devastação florestal e presença de fragmentos de Mata Atlântica ainda preservados. Em seguida foram realizadas as análises físicas e químicas dos solos das nascentes nas profundidades de 0-0,20 m e 0,20-0,40 m. Os atributos físicos do solo analisados foram: densidade do solo e análise textural. Quanto aos atributos químicos dos solos foram analisados: pH; teores de fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), acidez do solo (H+Al); capacidade de troca de cátions (CTC); saturação por bases (%V); e os teores de matéria orgânica (M.O.). De acordo com os resultados obtidos verifica-se no diagnóstico florestal realizado nas áreas do entorno das cinco nascentes estudadas, que apesar da degradação ambiental na região ser evidente a exemplo do uso e ocupação do solo como a retirada da vegetação nativa, degradação das matas ciliares e ao lançamento de efluentes industriais e domésticos, o número de espécies nativas ainda existentes superam em número às espécies exóticas. Recomenda-se a introdução de espécies nativas nas nascentes, exceto para a nascente Fazendinha, que não necessita de revegetação, precisando apenas de medidas conservacionistas. Com relação ao uso do solo, a área imediatamente circundante às nascentes, de acordo com o que preconiza a legislação ambiental em vigor, deve ser exclusivamente para uma Área de Preservação Permanente (APP). Não se recomenda fazer qualquer tipo de uso dessas áreas para se evitar a erosão e a contaminação do solo e da água. Após o isolamento da área são recomendáveis algumas propostas de restauração na tentativa de recuperar as nascentes em estudo, como a introdução de gramíneas com função de proteção contra desagregação do solo e carreamento de partículas, a exemplo do capim sândalo; frutíferas de utilização econômica, cultivos agrícolas anuais e implantação de espécies nativas nas encostas. Constatou-se ainda que os solos apresentam textura arenosa, resultando em solos menos férteis e susceptíveis à erosão e que o pH, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, sódio, acidez do solo, capacidade de troca de cátions, saturação por bases diferenciaram-se entre as nascentes, exceto a concentração de matéria orgânica que foi alta em todos os solos e camadas, menos na nascente Bela Rosa de 0,20-0,40 m, que foi considerada média. Os teores de pH, P, Ca, K, H+AL variaram entre baixo, médio e alto; o Mg de baixo a médio; o Na variou entre não sódico, levemente, moderadamente a muito sódico; a CTC de boa a muito boa; e a V variou entre muito baixa, baixa, média e alta.

**Palavras-chave:** restauração de nascentes, degradação ambiental, diagnóstico florestal.



## ABSTRACT

This research was developed in the rural area of the high course of the basin hydrographic of the river Gramame, in the municipal district of Stones of Fire, Paraíba. The work had as mark to propose alternatives for environmental restoration of five springs: Cabelão, Fog of the Rose, New Dawn, Pink Beautiful woman and Farm. The research was systematized in field activities and of laboratories. In the field works they were accomplished: exploratory walks and photographic registrations for the recognition of the areas of the springs, with general description of their elements georeferenced; evaluation in loco of the conditions of the environment and of the use of the soil; historical characterization of the same ones, through interviews made the local population where was collected information on the degradation level that happened in the area along the time and the characterization of the soil close to and of the forest covering in the areas of I spill of the springs. In the study it was accomplished a visual analysis initially being analyzed the conditions of the covering of the soil, topography, agricultural use, forest devastation and presence of fragments of Atlantic forest still preserved. Soon afterwards the physical and chemical analyses of the soils of the springs were accomplished in the depths of 0-0,20 m and 0,20-0,40 m. The physical attributes of the soil analyzed were: density of the soil and analysis textural. As for the chemical attributes of the soils they were analyzed: pH; match tenors (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), sodium (In the), acidity of the soil (H+Al); capacity of cation change (CTC); saturation for bases (V); and the tenors of organic matter (M.O.). in agreement with the obtained results it is verified in the forest diagnosis accomplished in the areas of the I spill of the five studied springs, that in spite of the environmental degradation in the area to be evident to example of the use and occupation of the soil as the retreat of the native vegetation, degradation of the ciliary forests and to the release of industrial and domestic effluent, the number of native species still existent they overcome in number to the exotic species. The introduction of native species is recommended in the springs, except for the springs Farm, that doesn't need revegetation, just needing conservationist measures. Regarding the use of the soil, the area immediately surrounding to the springs, in agreement with what it extols the environmental legislation in energy, it should be exclusively for an Area of Permanent Preservation (APP). she don't recommend to do any type of use of those areas to avoid the erosion and the contamination of the soil and of the water. After the isolation of the area they are advisable some proposed of restoration in the attempt of recovering the springs in study, as the introduction of grassy with protection function against disaggregation of the soil and entrainment of particles, to example of the grass sandalwood; fruitful of economical use, annual agricultural cultivations and implantation of native species in the hillsides. It was verified although the soils present sandy texture, resulting in less fertile soils and likely to the erosion and that the pH, phosphorus, calcium, magnesium, potassium, sodium, acidity of the soil, CTC, saturation for bases differed among the springs, except the concentration of organic matter that it was high in all of the soils and layers, less in the East Pink Beautiful woman of 0,20-0,40 m, that average was considered. The pH tenors, P, Ca, K, H+AL varied enters low, medium and loud; bass Mg the medium; the In the it varied enters no sodic, slightly, moderately to very sodic; CTC of good to very good; and to V it varied among very low, it lowers, average and high.

**Keywords:** restoration of springs, environmental degradation, forest diagnosis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo hidrológico.....	22
Figura 2 – Nascente sem acúmulo inicial.....	23
Figura 3 – Nascente com acúmulo inicial.....	24
Figura 4 – Tipos mais comuns de nascentes originárias de lençol não confinado: de encosta, de fundo de vale, de contato e de rio subterrâneo.....	25
Figura 5 – Exemplo de bacia com diferentes tipos de corpo hídricos.....	36
Figura 6 – Uso da água das nascentes do alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame.....	37
Figura 7 – Localização geográfica da área de estudo na bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba.....	40
Figura 8 – Localização das nascentes no alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba.....	40
Figura 9 – Divisão Territorial do Estado da Paraíba, com o município de Pedras de Fogo em destaque.....	43
Figura 10 – Total da população urbana (número de indivíduos) do Município de Pedras de Fogo em 2010.....	44
Figura 11 – Total da população rural (número de indivíduos) do Município de Pedras de Fogo em 2010.....	45
Figura 12 – Nascente Cabelão, Pedras de fogo, PB.....	49
Figura 13 – Degradação da área situada imediatamente a montante da nascente Cabelão devido a construção de um anel viário.....	50
Figura 14 – Nascente Cacimba da Rosa, Pedras de Fogo, PB.....	51
Figura 15 – Situação de degradação do entorno da nascente Cacimba da Rosa.....	52
Figura 16 – Construção de um anel viário que passa imediatamente a jusante de nascente Cacimba da Rosa.....	52
Figura 17 – Nascente Bela Rosa, Pedras de Fogo, PB.....	53
Figura 18 – Situação de degradação ambiental à esquerda e à direita da nascente Bela Rosa .....	54
Figura 19 – Remanescentes florestais preservados nas proximidades da nascente Bela Rosa.....	55
Figura 20 – Nascente Nova Aurora, Pedras de Fogo, PB.....	55
Figura 21 – Loteamento da comunidade rural de Nova Aurora ao redor de sua nascente, realizado pelo INCRA/PB.....	57
Figura 22 – Situação ambiental da nascente Nova Aurora.....	57
Figura 23 – Nascente Fazendinha, Pedras de Fogo, PB.....	58
Figura 24 – Loteamento da comunidade rural de Fazendinha, realizado pelo INCRA/PB.....	59
Figura 25 – Estado de degradação ambiental da nascente Fazendinha.....	60
Figura 26 – Distribuição da frequência (%) do pH no solo nas nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora , Bela Rosa e Fazendinha.....	71
Figura 27 – Distribuição da frequência (%) dos teores de P no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	73
Figura 28 - Distribuição da frequência (%) dos teores de Ca no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	74
Figura 29 – Distribuição da frequência (%) dos teores de Mg no solo das nascentes,	75

Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	
Figura 30 – Distribuição da frequência (%) dos teores de K no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	76
Figura 31 – Distribuição da frequência (%) do PST no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	77
Figura 32 – Distribuição da frequência (%) de H+Al do Solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	78
Figura 33 – Distribuição da frequência (%) da CTC no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	79
Figura 34 – Distribuição da frequência (%) de V no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	80
Figura 35 – Distribuição da frequência (%) da M.O. no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	81
Figura 36 – Disposição das pioneiras e secundárias na área de plantio e uma recomposição da vegetação visando unir fragmentos de mata ciliar.....	89

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espécies florestais presentes na nascente Cabelão, Pedras de Fogo, PB.....	61
Tabela 2 – Espécies florestais presentes na nascente Cacimba da Rosa, Pedras de Fogo, PB.....	63
Tabela 3 – Espécies Florestais presentes na nascente Nova Aurora, Pedras de Fogo, PB.....	65
Tabela 4 – Espécies Florestais presentes na nascente Bela Rosa, Pedras de Fogo, PB.....	67
Tabela 5 – Espécies Florestais presentes na nascente Fazendinha, Pedras de Fogo, PB.....	69
Tabela 6 – Valores de pH no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	71
Tabela 7 – Valores de P no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	72
Tabela 8 – Valores de Ca no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	73
Tabela 9 – Valores de Mg no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	74
Tabela 10 – Valores de K no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	75
Tabela 11 – Valores de PST no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	76
Tabela 12 – Valores de H+Al do Solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	78
Tabela 13 - Valores da CTC no solo das Nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Bela Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	79
Tabela 14 – Valores de V no solo das Nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	80
Tabela 15 – Valores da M.O. no solo das Nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	81
Tabela 16 – Classificação textural dos solos das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.....	82
Tabela 17 – Valores da Ds das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa.....	83

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
2.1 Objetivo geral.....	19
2.2 Objetivos específicos.....	19
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>20</b>
3.1 A degradação ambiental e os afloramentos de água.....	20
3.2 A bacia hidrográfica, as nascentes e a degradação ambiental.....	25
3.3 Funções protetoras das florestas na conservação dos recursos hídricos.....	30
3.4 Legislação referente às nascentes ligados à cobertura vegetal, indispensáveis para legalizar ações interferentes.....	33
3.5 Adequação da avaliação e proposta de restauração florestal de áreas de nascentes na Bacia hidrográfica do alto rio Gramame: Situação atual.....	36
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>39</b>
4.1 Localização da área de estudo.....	39
4.2 Estratégia de ação.....	41
4.3 Caracterização da área de estudo.....	43
4.3.1 População rural e urbana do município de Pedras de Fogo – PB.....	44
4.3.2 Clima.....	45
4.3.3 Solos.....	45
4.3.4 Relevo/Topografia.....	46
4.3.5 Vegetação.....	46
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
5.1 Caracterização histórica das nascentes.....	48
5.1.1 Nascente Cabelão.....	48
5.1.2 Nascente Cacimba da Rosa.....	50
5.1.3 Nascente Bela Rosa.....	52
5.1.4 Nascente Nova Aurora.....	55
5.1.5 Nascente Fazendinha.....	58
5.2 Diagnóstico florestal.....	60
5.2.1 Nascente Cabelão .....	60
5.2.2 Nascente Cacimba Da Rosa.....	62
5.2.3 Nascente Nova Aurora .....	64
5.2.4 Nascente Bela Rosa.....	67
5.2.5 Nascente Fazendinha.....	68
5.3 Atributos do solo.....	70

5.3.1 Análise química do solo.....	70
5.3.2 Análise física do solo.....	82
5.3.2.1 Classificação textural.....	82
5.3.2.2 Densidade do solo (Ds).....	83
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....</b>	<b>84</b>
<b>7 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>86</b>
7.1 Proposta de restauração florestal de áreas de nascentes na bacia hidrográfica do alto curso rio Gramame.....	86
<b>8. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Vários estudos ambientais, em diversas partes do mundo, têm verificado que nas últimas décadas, consideráveis reservas de água doce estão sendo degradadas. O desmatamento desenfreado no campo, a retirada das matas ciliares, a prática da agricultura e da pecuária sem apoio técnico, a expansão da zona urbana sem planejamento, o lixo doméstico e industrial jogados em ambientes impróprios, dentre outros, vêm contribuindo para o comprometimento quanto à quantidade e a qualidade dos recursos hídricos disponíveis na bacia hidrográfica.

Enfrentando um imenso espectro de crescente escassez de suprimento de água de qualidade e em quantidade adequada, os planejadores sociais e tomadores de decisão estão explorando estratégias para a gestão sustentável dos recursos hídricos. A questão da sustentabilidade especialmente centraliza-se na gestão dos usos da água para o consumo humano, de modo que não se provoquem problemas para o uso das futuras gerações. Essa questão de sustentabilidade começa no campo, por exemplo, em trabalhos de recuperação e preservação de áreas de afloramentos do lençol freático, também chamada de nascentes, que dão origem aos mananciais que abastecem as zonas urbanas e rurais.

Uma nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade e em quantidade de forma abundante e contínua. É desejável, no entanto, que esta quantidade de água produzida, tenha boa distribuição no tempo, ou seja, a variação da vazão situe-se acima de um mínimo adequado ao longo do ano. Esse fato implica que a bacia hidrográfica não deve funcionar como um recipiente impermeável, escoando em curto espaço de tempo toda a água recebida durante uma precipitação pluvial. Ao contrário, a bacia hidrográfica deve absorver boa parte dessa água através do solo, armazená-la em seu lençol subterrâneo e cedê-la, aos poucos, aos cursos d'água através das nascentes, inclusive mantendo a vazão, sobretudo durante os períodos de seca. Isso é fundamental tanto para o uso econômico e social da água – bebedouros, irrigação e abastecimento público, como para a manutenção do regime hídrico do corpo d'água principal, garantindo a disponibilidade de água no período do ano em que mais se precisa dela.

Nessa perspectiva, o manejo de bacias hidrográficas deve contemplar a preservação e melhoria da água quanto à quantidade e qualidade, além de seus interferentes em uma unidade geomorfológica da paisagem, como forma mais adequada de manipulação sistêmica dos recursos naturais de uma região.

As nascentes, bem como os cursos d'água superficiais e as represas, embora distintos entre si por várias particularidades quanto às estratégias de preservação, apresentam, como pontos básicos comuns, o controle da erosão do solo por meio de estruturas físicas e barreiras vegetais de contenção, minimização de contaminação química e biológica e ações mitigadoras de perdas de água por evaporação e consumo pelas plantas. Quanto à qualidade, deve-se atentar que, além da contaminação com produtos químicos, a poluição da água resultante de toda e qualquer ação que acarrete aumento de partículas minerais no solo, da matéria orgânica e dos coliformes totais pode comprometer a saúde dos seus usuários.

Em virtude de seus valores inestimáveis dentro de uma propriedade agrícola, as nascentes devem ser tratadas com um cuidado todo especial. Assim, devido à incomensurável importância ambiental das nascentes para os sistemas hídricos, cabe ao produtor rural a tarefa de preservá-las em sua propriedade, para o seu benefício propriamente dito e de toda sociedade.

A adequada conservação de uma nascente envolve diferentes áreas do conhecimento, tais como hidrologia, conservação do solo, reflorestamento, qualidade de água, etc. A consciência da relevância de se garantir a conservação dos recursos naturais, no contexto mundial, vem se disseminando, cada vez mais rapidamente. Entretanto, a efetividade desse objetivo vem exigindo o exercício de planejamentos racionais e ações sustentáveis no intuito de evitar a degradação, a curto, médio e longo prazos, dos recursos existentes. A adoção por uma postura diante da natureza vem impulsionando o homem contemporâneo na busca por conhecimentos que promovam a sustentabilidade dos recursos naturais presentes em regiões como a da bacia hidrográfica do rio Gramame, localizada no litoral Sul do estado da Paraíba.

A bacia hidrográfica do rio Gramame, no seu alto curso, possui um número significativo de nascentes localizadas no município de Pedras de Fogo. Essa região vem sendo foco de sérios problemas ambientais com o desmatamento da cobertura florestal nativa nas margens de rios e do entorno das nascentes, para a exploração agrícola, principalmente, a cultura da cana-de-açúcar, em larga escala, e pequenas lavouras como batata doce, mandioca, inhame e abacaxi, entre outras. É uma região composta por vários assentamentos rurais, promovidos pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), de pequenos agricultores com características para exploração agrícola familiar e também por agricultores que exploram a monocultura da cana-de-açúcar para atender parte da demanda das indústrias sucroalcooleiras próxima da área.



Segundo Paraíba (2000), na bacia do rio Gramame foi estimada uma área de 1.429,2 ha que precisa ser restaurada, num total de 238,2 km de comprimento de cursos d'água antropizados. Ainda de acordo com Paraíba (2000), as demais sub-bacias da bacia hidrográfica do rio Gramame, um total de aproximadamente 3.476,4 ha também necessitam de restauração. No entanto, estes dados não são adequadamente levados em conta nas ações planejadas do setor dos recursos hídricos, nem no do setor agrícola do estado da Paraíba (LIMEIRA, 2008).

De acordo como Silva *et al.*, (2010) “a bacia do rio Gramame é emblemática, no que se refere ao seu processo de ocupação, principalmente com a agricultura, o que a pode inviabilizar como produtora adequada de água para abastecimento, ao contrário do que ocorria até os anos 1970 quando apenas uma pequena parte de seu espaço geográfico era antropizado”.

Nessa bacia é evidente a substituição da vegetação nativa por culturas agrícolas, muitas vezes sem critérios técnicos de cultivo e de conservação do solo e pela expansão urbana sem planejamento.

É sabido que a cobertura florestal causa interferência no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. A vegetação interfere no movimento das águas em todos os espaços do sistema, tanto no abastecimento do lençol freático, quanto na rapidez e volume de chegada da água aos rios e também na quantidade que retorna para a atmosfera.

A primeira influência da vegetação nesse sistema acontece quando a água da chuva é interceptada pelas copas das árvores, esse é também o primeiro fracionamento da água, em que parte dela fica temporariamente retida pela massa vegetal e é evaporada para a atmosfera, esse processo é chamado de interceptação. Uma outra parte chega ao solo pelo gotejamento ou pela precipitação interna ou ainda pelo fluxo que escoar pelo tronco das árvores. A água ao atingir o solo, parte infiltra-se e promove a recarga das reservas freáticas e re-hidrata o solo, e a outra parte escoar para os rios, lagos e oceanos.

A água que é acumulada pelo efeito da infiltração e que em parte retorna à superfície, como nascentes, parte dela é devolvida à atmosfera por meio da evapotranspiração das árvores. A vegetação acelerar o processo de evaporação, através da transpiração das suas folhas, repondo o vapor d'água na atmosfera; contribui para o equilíbrio do clima e da própria atmosfera e, previne os fenômenos da erosão provocados pela ação mecânica da água sobre o solo.

Considerando a importância do tema em questão e o nível de degradação presentes nesses ambientes, o presente trabalho faz uma avaliação e traz propostas de restauração florestal para cinco nascentes localizadas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, de modo que subsídios importantes para estratégias de conservação possam ser fornecidos aos tomadores de decisão para a gestão dos recursos naturais e do uso do solo nessa bacia hidrográfica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Propor alternativas para restauração e preservação ambiental de áreas de entorno de nascentes, na bacia hidrográfica do rio Gramame, relativas as suas características de solo e de vegetação, para o uso adequado de suas águas.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Obter dados e informações sobre a caracterização histórica de cada nascente em estudo, de forma a se avaliar o nível de degradação que ocorreu na região ao passar dos anos;
- Realizar um diagnóstico florestal para mostrar as espécies nativas e exóticas existentes atualmente na região de cada nascente, com intuito de verificar as que melhor se adaptam na área em estudo;
- Realizar as análises físicas e químicas dos solos das áreas de entorno das nascentes em estudo, visando à avaliação e processos de restauração ambiental dessas;
- Verificar a influência que a conservação da vegetação das nascentes em questão traz ao meio ambiente local e todas as formas de vida presente nestas;
- Obter dados relacionados às atividades agro-silvo-pastoril no entorno das nascentes estudadas, de modo a facilitar ações de planejamento, monitoramento e de trabalhos de pesquisa;

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 A degradação ambiental e os afloramentos de água

A região Nordeste do estado da Paraíba apresenta um dos quadros ambientais dos mais afetados pela ação antrópica. As práticas econômicas adotadas no Estado, desde os primórdios do descobrimento do Brasil têm sido predatórias nos seus diferentes espaços geográficos. O que se tem verificado é que os recursos naturais ainda disponíveis vêm sendo explorados de forma imediatista, apresentando níveis de degradação ambientais bastantes evidentes, quase sempre nas áreas onde as condições hidrometeorológicas são menos favoráveis (FILGUEIRA *et al.*, 2010).

Segundo Filgueira *et al.* (2010),

A degradação ambiental dos recursos naturais disponíveis causa, além da perda de diversidade biológica, perdas profundas nas atividades econômicas das populações vulneráveis e ocasionam tantas outras, de forma inseparável, como a pobreza, a injustiça social e a violência. A conservação das espécies e dos ecossistemas depende de como a sociedade está preparada para absorver os impactos de agressões ao meio ambiente e de como mitigar os seus efeitos. Muitas vezes isso nada mais é do que uma herança cultural do ser humano ao longo da história do seu povo.

Dentre os recursos naturais, os recursos hídricos e seus ecossistemas são os mais afetados pelos maus tratos ambientais. Nos dias de hoje, principalmente devido ao elevado crescimento populacional e a ocupação desordenada do solo, tem-se verificado que estudos de tratos ambientais são fundamentais para a melhor compreensão das inter-relações entre o homem e o meio ambiente. Nesse contexto, compreender as relações de uso dos recursos hídricos disponíveis em uma dada região, como um afloramento de lençol freático, é imprescindível para encontrar forma de recuperação e de preservação desses no campo.

De acordo Filgueira *et al.* (2010),

Um afloramento do lençol freático, popularmente conhecido como nascente ou olho d'água, apresenta-se como valor inestimável em uma propriedade agrícola, pois, vai dar origem à fontes de água para uso em diversos fins. Uma nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade e com vazão o ano todo. Porém, tem-se verificado que nas últimas décadas que o desmatamento indiscriminado no campo, principalmente para o consumo de lenha e de carvão em atividades domésticas e de pequenas indústrias de forma não sustentável, e o uso inadequado dos solos tanto na área rural quanto na urbana, vem contribuindo para a diminuição da quantidade e qualidade da água em nossos mananciais. As águas das nascentes que no passado eram, límpidas, sem substâncias patogênicas e abundantes, hoje frequentemente se apresentam menos caudalosas e poluídas devido a falta de cuidados de usuários e de gestores públicos. Uma nascente é um recurso natural que possui características próprias que devem ser respeitadas para poder ser usada para o consumo humano ou animal e para a irrigação.

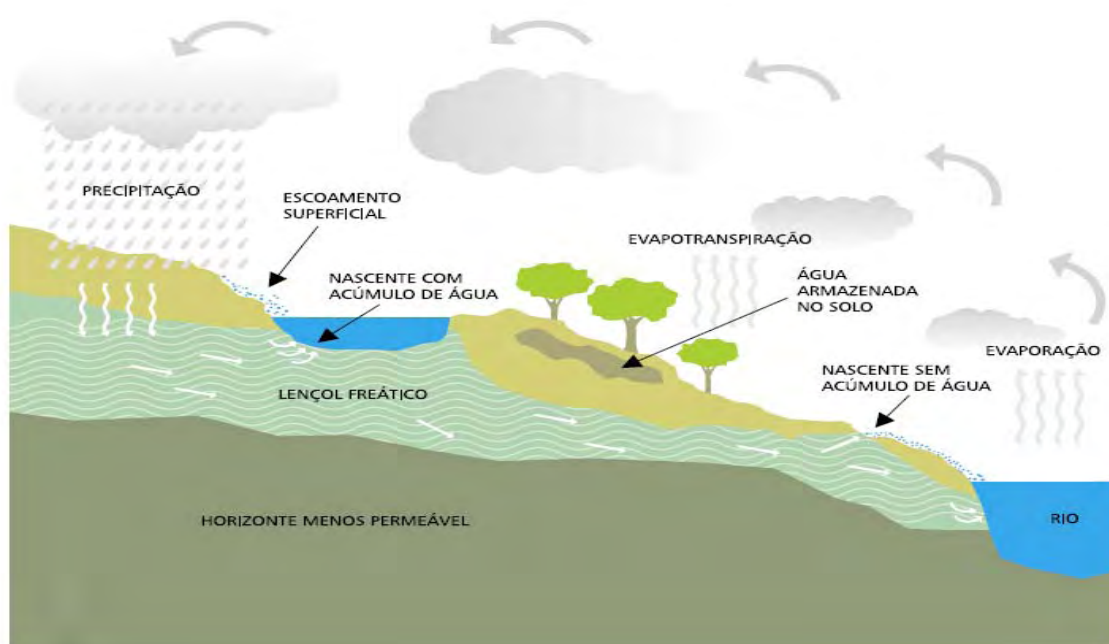
Em princípio, normalmente pode até ser difícil aceitar que tão grande volume de água presente na superfície terrestre (parte continental), seja originado de pequenas fontes de água que jorram do solo, ou seja, das nascentes. Assim, as nascentes representam importante papel para a formação de toda malha hidrográfica da terra e que o desaparecimento de uma nascente resultará na redução do número de cursos d'água, significando, portanto, a diminuição do volume de água na região.

Se somente limitar-se exclusivamente à definição de nascentes, ou seja, “pontos onde jorra água através da superfície do solo”, pode-se concluir claramente que essa água, que jorra do solo, tem sua origem em um grande reservatório de água subterrânea. Mas, para entender a origem dessa água, será preciso compreender o ciclo hidrológico, a estrutura dos solos, o processo de armazenamento de água nos reservatórios subterrâneos e os tipos de nascentes.

O ciclo hidrológico é o caminho que a água percorre desde a evaporação no mar, passando pelo continente e voltando novamente ao mar (CASTRO E LOPES, 2001).

Numa bacia hidrográfica, a água das chuvas apresenta vários destinos, dentre estes têm-se: uma parcela é captada pelas plantas, evapora-se e volta para a atmosfera; outra parcela escoia superficialmente formando assim as enxurradas que, através de um córrego abandona rapidamente a bacia (Figura 1); e, tem também aquela parcela que se infiltra no solo, que é a de maior importância, onde uma parte desta água fica temporariamente retida nos espaços porosos, os quais são absorvidas pelas plantas ou evapora-se através da superfície do solo; e por último têm-se a parcela que abastece os aquíferos, que constituem o horizonte saturado do perfil do solo, situando-se próxima à superfície ou a grandes profundidades e a água ali presente estar ou não sob pressão (LOUREIRO, 1983).

Quando a região saturada se localiza sobre uma camada impermeável e possui uma superfície livre sem pressão, a não ser a atmosférica, tem-se o chamado lençol freático ou lençol não confinado. Quando se localiza entre camadas impermeáveis e condições especiais que façam a água movimentar-se sob pressão, tem-se o lençol artesiano ou lençol confinado (CALHEIROS et al., 2004 p.40).



**Figura 1** – Ciclo hidrológico

(Fonte: Calheiros *et al.*, 2004).

Entre a superfície do solo e a camada impermeável, pode ocorrer que em alguns locais exista uma camada de solo compactado, o que impede parcialmente ou totalmente a percolação da água até a camada impermeável. Quando chega à época de chuva, certa quantidade de água fica retida nessa camada, o que caracteriza os aquíferos, constituindo um caso particular de lençóis freáticos, podendo também ser conhecidos como lençóis temporários. Esses lençóis possibilitam o aparecimento de nascentes, que, na maioria dos casos, desaparecem após o período chuvoso.

Segundo Linsley e Franzini (1978), quando a descarga de um aquífero concentra-se em uma pequena área localizada, tem-se a nascente ou olho d'água.

Dentre os tipos de nascentes tem-se: as perenes (de fluxo contínuo); as temporárias (de fluxo apenas na estação chuvosa); e, as efêmeras (surgem durante a chuva, permanecendo por apenas alguns dias ou horas). Relacionado à sua localização estas podem situar-se em encostas, depressões do terreno e no nível de base representado pelo curso d'água local.

Referente à formação das nascentes estas podem ser divididas em dois tipos: sem acúmulo d'água inicial e com acúmulo inicial.

Alguns tipos de nascentes sem acúmulo d'água inicial ocorrem quando o afloramento é em um terreno declivoso, surgindo em um único ponto em decorrência da inclinação da

camada impermeável ser menor que a da encosta. São exemplos desse tipo as nascentes de encosta e de contato (Figura 2).



**Figura 2** – Nascente sem acúmulo inicial

(Fonte: Calheiros *et al.*, 2004).

Ainda relacionado às nascentes sem acúmulo d'água inicial têm-se também as chamadas de difusas. Esse tipo de nascente ocorre quando a superfície freática ou um aquífero artesiano intercepta a superfície do terreno e o escoamento é espraído formando desta forma um grande número de pequenas nascentes por todo o terreno, originando assim as veredas.

As nascentes com acúmulo inicial são as que apresentam vazão pequena podendo apenas molhar o terreno ou quando a camada impermeável fica paralela a parte mais baixa do terreno e, estando próximo à superfície, acaba por formar um lago (Figura 3).

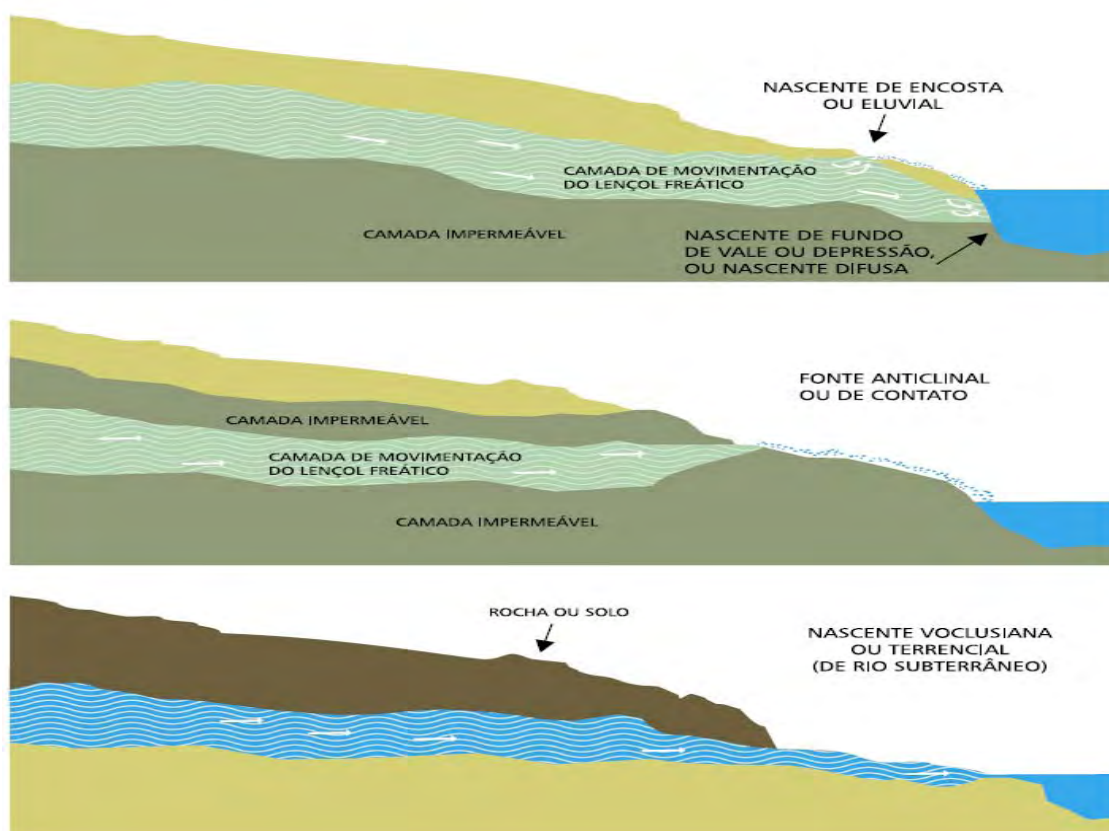


**Figura 3** – Nascente com acúmulo inicial

(Fonte: Calheiros *et al.*, 2004).

Além dos tipos de nascentes já citadas até o momento ainda podemos encontrar as de fundo de vale e as originárias de rios subterrâneos (Figura 4). Em termos gerais, toda nascente é alimentada pelo reservatório de água subterrânea, que, por sua vez, é abastecido pela água da chuva que infiltra no solo e, em seguida, percola no seu perfil, indo se acumular sobre uma camada impermeável. Essa água que chega ao reservatório subterrâneo é coletada em uma área do terreno próxima do local do reservatório responsável pela nascente, que é a bacia hidrográfica. Portanto, a bacia hidrográfica refere-se à área geográfica do terreno que coleta e infiltra a água da chuva, que abastece os reservatórios subterrâneos de água, que darão origem às nascentes e, por sua vez, os riachos, lagos e os rios.





**Figura 4** – Tipos mais comuns de nascentes originárias de lençol não confinado: de encosta, de fundo de vale, de contato e de rio subterrâneo  
(Fonte: Linsley & Franzini, 1978 apud Calheiros *et al.*, 2004).

### 3.2 A bacia hidrográfica, as nascentes e a degradação ambiental

Cada curso d'água, por menor que seja seu volume, como já citado anteriormente, sempre estará associado a uma bacia hidrográfica. Assim, como os cursos d'água maiores são formados por vários afluentes menores, a sua bacia hidrográfica, também, é formada pelas várias bacias menores denominadas sub-bacias, que formam de cada afluente.

Em uma bacia hidrográfica, existem dois divisores de água: um topográfico e outro freático. O divisor topográfico é uma linha de separação das águas que divide as precipitações ocorridas em uma região em parte para a bacia em questão e em parte para a bacia adjacente. De uma forma mais simples pode-se dizer que o divisor topográfico é a linha que limita a área de drenagem de uma bacia. Essa linha corresponde ao topo das encostas que, também, é chamada de vertente ou espigão. Enquanto que o divisor freático fica localizado abaixo da superfície do solo e tem a função de direcionar a água percolada que irá abastecer o lençol

freático. Em decorrência das dificuldades de situar o divisor freático para fins práticos, a área da bacia é delimitada somente pelo divisor topográfico.

Os componentes de uma bacia que estão diretamente relacionados com as características do regime hidrológico são: área de drenagem, área de contribuição dinâmica, formas das bacias hidrográficas, orientação, declividade e altitude.

A área de drenagem é a área delimitada pelo divisor topográfico da bacia. Quanto maior essa área, maior será a capacidade da bacia de coletar precipitação e, portanto, maior será o volume de água infiltrado ou escoado superficialmente. Logo, deve-se esperar maior vazão da nascente, quando esta estiver associada a uma bacia hidrográfica com grande área de drenagem.

Já a área de contribuição dinâmica refere-se à parte superficial da bacia hidrográfica que, geralmente, fica localizada sobre o reservatório de água subterrâneo. Corresponde a parte mais baixa e de menor declividade de uma bacia.

Relacionado à forma das bacias hidrográficas, esta pode influenciar na velocidade do volume de água que um rio recebe ao longo do seu percurso, desde a nascente até a sua foz. As nascentes, cujas bacias se aproximam de forma circular, tendem a apresentar maior velocidade que o volume de água que lhes chega. Aquelas que se afastam da forma circular (alongadas, na forma de pêra) ao contrário, tendem a apresentar menor velocidade. Em outras palavras, as bacias circulares estão mais propensas às enchentes, às erosões, aos assoreamentos do que as bacias alongadas.

No que diz respeito à orientação da bacia hidrográfica, esta corresponde a sua exposição aos raios solares, tomando-se como referência os pontos cardiais. Assim, uma bacia cujo curso d'água drena na direção Leste, terá orientação Leste. No hemisfério Sul, as bacias com orientação Norte recebem maior quantidade de calor do que as de orientação Sul. O significado quantitativo em termos de produção de água das nascentes, quanto às diferenças nas orientações Norte e Sul das bacias é ainda muito desconhecido. No entanto, nessas diferenças devem ser levados em consideração os vários tipos de cobertura vegetal, já que nas bacias de orientação Norte, devem ser esperadas maiores taxas de evapotranspiração. Na prática, o agricultor deverá tomar maiores preocupações quanto à ocupação da bacia hidrográfica de sua nascente que drena para o Norte, pois corre riscos de diminuir a sua vazão ou até mesmo secá-la, se assim proceder. Também não é difícil conceber que se deva esperar uma maior produção de água da nascente de orientação Leste do que na de Oeste. Em resumo,

as nascentes de orientação Sul e Leste são conservadoras de umidade, ao passo que as de Norte e Oeste são dispersoras (CASTRO, 2001).

No que tange sobre a declividade de uma bacia, a mesma influencia na velocidade do escoamento superficial. Assim, quanto mais inclinada, maior será a velocidade de escoamento e, menor a infiltração. Consequentemente, menor será a quantidade de água armazenada no solo.

Por fim, têm-se a altitude média da bacia que influencia na quantidade de radiação que a mesma recebe e, consequentemente, nos parâmetros de evapotranspiração, temperatura e precipitação. Quanto maior a altitude da bacia, menor será a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia é disponibilizada para evapotranspiração. Em altitudes elevadas, a temperatura é baixa e apenas uma pequena quantidade de energia é utilizada para evaporar a água. Em altitudes baixas, quase toda a energia absorvida é usada para evaporar a água. As altitudes elevadas tendem a receber maior quantidade de precipitação, além da perda de água ser menor. Nessas regiões, a precipitação normalmente excede a evapotranspiração, ocasionando, dessa forma, um suprimento de água que mantém o abastecimento regular dos aquíferos responsáveis pelas nascentes dos cursos d'água.

Em geral, quando se analisa o panorama atual das nascentes é possível chegar a algumas conclusões indesejáveis, como: o número delas em uma mesma bacia está diminuindo; a vazão que brota de cada nascente está diminuindo ao longo do tempo; as nascentes estão sendo soterradas e contaminadas por defensivos agrícolas; e as nascentes estão “mudando de lugar”, aproximando-se cada vez mais, das partes mais baixas (CASTRO, 2001).

Isto vem acontecendo, principalmente, por causa das diversas formas de degradação que vêm ocorrendo no meio ambiente, tais como: corte intensivo das florestas nativas, queimadas, pastoreio intensivo, mau planejamento na construção de estradas, loteamentos em locais impróprios, reflorestamento mal planejado e as diversas fontes de contaminação dos mananciais.

Com a função de buscar maiores produções visando à expansão das áreas produtivas, muitos produtores desmatam as florestas nativas, onde implantam suas lavouras nas encostas e nos topos e, para isso, retiram as florestas desses locais. É importante ressaltar o papel que as florestas assumem no meio ambiente, dentre estes têm-se: as árvores cumprem a função de amortecer o impacto das gotas de chuvas, evitando a compactação da camada superficial, e facilitando assim a infiltração de água no solo; e, as florestas, também, fornecem matéria

orgânica ao solo, produzida pelas folhas e galhos que caem e se decompõem sobre o mesmo, melhorando suas características físicas. Então, quando uma floresta é cortada, o solo fica exposto ao sol e desprotegido contra os impactos das gotas de chuvas, onde grande parte da camada superficial do solo será arrastada pelas enxurradas para as partes mais baixas, sendo depositado no leito dos cursos d'água, causando assoreamento. Isto, também deixa o solo, desses locais, mais pobre e compactado, ocasionando, perda de nutrientes, diminuição da infiltração da água, aumento da intensidade das enxurradas, podendo originar voçorocas, que são grandes valas, que se formam ao longo das encostas.

Após o desmatamento, quase sempre, faz-se uma queimada para eliminar restos da floresta (cipós, tocos, galhos e resto das copas das árvores). As queimadas são extremamente nocivas ao solo, eliminam os microorganismos benéficos do solo e dificulta a infiltração da água da chuva, dada a facilidade com que ocorre o escoamento superficial. Além disso, no momento das queimadas, o fogo pode sair de controle e colocar em risco outras áreas próximas.

A criação extensiva de animais em áreas de cabeceiras é uma das formas mais graves de agressão aos mananciais. Isso, porque, na maioria das vezes, as áreas das bacias de cabeceira são subdivididas em pequenas propriedades, nas quais as partes utilizadas como pasto, recebem um número excessivo de animais. Essa superlotação dos pastos, principalmente com bovinos e equídeos, resulta na formação de um elevado número de trilhas nas encostas, com aspecto de arquibancada. O pisoteio constante de animais, nessas trilhas, provoca um alto grau de compactação do solo, de forma que impede a infiltração de água, as trilhas contribuem para o seu espalhamento na área, originando pequenos caminhos de erosão, que são as ravinas. Ao longo do tempo, ocorre a degradação generalizada da pastagem nas encostas.

A maioria das estradas construídas nas áreas de encostas não passa por um planejamento adequado, visando à proteção das nascentes. Cortes para construção de estradas são realizados em locais indevidos do terreno, deixando o solo exposto aos processos de erosão, causados pelas chuvas. Além disso, o solo solto será arrastado para os leitos dos rios, causando o assoreamento.

A degradação das áreas de encostas, não ocorre apenas no meio rural, mas também nas cidades. O crescimento desordenado, sem um planejamento adequado, faz com que nas periferias se aglomerem um grande número de pessoas. Nesses aglomerados, têm-se a compactação do solo, a erosão e o assoreamento dos cursos d'água. Também, a falta de

estrutura adequada de saneamento básico, faz com que, nessas áreas, surjam fontes de poluição ambiental, que irão causar a contaminação dos mananciais.

Muito se comenta com respeito ao reflorestamento de áreas degradadas como uma prática para a reversão do problema. Porém, o reflorestamento é uma operação que nem sempre surte o efeito desejado, quando o objetivo é a recuperação e a conservação das nascentes. Muitos estudos têm mostrado que na prática, o reflorestamento causa efeito contrário ao desejado como o de Calheiros *et al.*, 2004. Isso acontece, basicamente, devido à ocupação das árvores nas partes mais baixas e na meia encosta que se dá de uma forma intensiva e sem controle, aumentando a evapotranspiração no local. O fenômeno é mais nítido com as espécies freatófitas (lenhosas ou herbáceas) situadas nas partes baixas, nas proximidades das nascentes.

As freatófitas possuem sistema radicular adaptado para consumir grande quantidade de água, mesmo das camadas mais profundas do solo, inclusive do lençol freático. Na ocasião das chuvas, essas árvores desempenham o papel desejado, que é o de proporcionar maior taxa de infiltração de água no solo. Porém, na época da seca, as raízes dessas árvores, estando em contato com o lençol freático, absorvem boa parte da água, lançando-a em seguida na atmosfera, na forma de vapor, pelo processo de transpiração. Assim, na época seca, o volume de água do lençol freático será consideravelmente reduzido, fazendo com que a vazão da nascente associada a ele também diminua, ou até mesmo deixe de existir.

Referente ainda a redução da vazão das nascentes outra causa a ser comentar é a presença nas proximidades de outras freatófitas de menor porte e mais densas. Como, nessas áreas, o lençol freático está à baixa profundidade, o sistema radicular desse tipo de vegetação fica em contato direto com a água, atuando de forma significativa na sua retirada. Portanto, deve-se ter em mente que o reflorestamento mal planejado reduz o volume de água das nascentes, quando: a) a evapotranspiração for maior do que a precipitação anual, com evidências em alguns meses na estação seca; b) em solos profundos, a intensa regeneração das árvores provoca efeitos significativos na interceptação da chuva pelas copas e na absorção da água pelas raízes, impedindo maior disponibilidade para a percolação profunda e c) as espécies freatófitas extraírem água do lençol e da franja capilar em grande quantidade. Entretanto, é indispensável à presença de árvores nos topos dos morros até 1/3 das encostas, para a recuperação e conservação das nascentes.

Outra causa da degradação das bacias de cabeceiras, são as diversas fontes de contaminação dos mananciais. As principais fontes são (CASTRO, 2001):

-Despejos contínuos de lixo próximos dos leitos dos rios. Durante as chuvas, grande parte do lixo acumulado nessas áreas é arrastado para dentro dos rios, causando seu assoreamento e poluição generalizada;

-Lançamento de esgotos nos cursos d'água. São comuns nas áreas urbanas e nas fazendas, as redes de esgotos e de despejos animais lançarem seus produtos diretamente nos cursos d'água, sem que estes tenham passado por nenhum tipo de tratamento. Em um curto prazo, inevitavelmente, a água desses cursos atingirá um elevado grau de contaminação, impossibilitando o seu consumo por pessoas e animais;

-Poluição química. A instalação de lavouras próximas das áreas de contribuição dinâmica de uma bacia hidrográfica é um risco potencial de contaminação dessa bacia, pois, o uso inadequado de defensivos agrícolas nessas lavouras, é uma grande fonte de poluição químicas dos mananciais.

### **3.3 Funções protetoras das florestas na conservação dos recursos hídricos**

A cobertura florestal influi positivamente sobre a hidrologia do solo, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água pelos lençóis, diminuindo o processo de escoamento superficial e contribuindo para o processo de escoamento subsuperficial, influências estas que conduzem à diminuição do processo erosivo (LIMA, 1986a).

Lima (1986a) afirma ainda, que em condições de cobertura florestal natural não perturbada a taxa de infiltração é normalmente mantida no seu máximo.

Em áreas compactadas, seja pelo preparo excessivo do solo, uso de máquinas pesadas, pé de arado ou micropulverização das partículas do solo, ou mesmo pelo pisoteio de animais, a infiltração é bem menor que em área florestais adjacentes. A infiltração da água no solo é bem maior em povoamentos florestais mais densos do que naqueles de menor densidade e ainda maior em povoamentos mais velhos (AMBICENTER, 2011).

Esta maior capacidade de infiltração dos solos é proporcionada pelo fato da cobertura florestal adicionar matéria orgânica que se decompõe sobre o solo, proporcionando condições mais favoráveis às atividades biológicas. Tais atividades causam efeito benéfico na melhoria da estrutura do solo, afetando sua habilidade para transmitir o fluído, ou seja, aumentam a sua capacidade de infiltração e retenção de água, além de avaliar o impacto das gotas de chuva sobre a superfície (FIALHO, 1985).

Lima (1986b), afirma que de todos os efeitos sobre a infiltração resultante da presença da floresta, o piso florestal (serrapilheira) constitui-se em uma das condições principais para a manutenção das condições ótimas para o processo de infiltração. O mesmo autor ressalta

ainda outras vantagens, além das citadas por Fialho (1985). Por exemplo, que o piso florestal se constitui em obstáculo à formação da enxurrada, contribuindo desta forma para o aumento da retenção temporária da água na superfície, o que resulta num período maior para ocorrência da infiltração.

A água que penetra no solo vai abastecendo a planta e o restante chega até o subsolo formando o lençol freático que abastece os mananciais e mantém o nível dos rios (CASTRO, 2001). Por este motivo, as florestas podem ser consideradas como fontes importantes para o suprimento de água para os aquíferos (AMBICENTER, 2011).

Zon (1927), citado por Lima (1986b), afirma que *“de todas as influências diretas da floresta, a sua influência sobre os rios e sobre a regularidade de seus escoamentos é das mais importantes para a economia humana”*.

Também deve-se ressaltar a importância da preservação ou restauração das florestas ao longo dos rios e ao redor das nascentes, lagos e reservatórios, que fundamenta-se no amplo espectro de benefícios que este tipo de vegetação traz ao ecossistema, exercendo função protetora sobre os recursos naturais bióticos e abióticos (BOTELHO & DAVIDE, 2002; DURIGAN & SILVEIRA, 1999).

Estas áreas intimamente ligadas aos cursos d'água têm sido chamadas de “zonas ripárias”. Seus limites não são facilmente demarcados, podendo variar bastante ao longo da microbacia e, principalmente, entre diferentes microbacias, em consequência da alta variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial da vegetação que ocupa esta zona (mata ciliar). Esta variação ocorre ao longo do curso d'água, refletindo variações de microssítios resultantes da dinâmica dos processos fluviomórficos, que por sua vez resultam em trechos característicos de deposição de sedimentos, assim como trechos característicos da erosão fluvial (PINTO, 2003).

Lateralmente, as condições de saturação do solo diminuem à medida que se distancia do canal, o que deve também influenciar a composição das espécies (LIMA & ZAKIA, 2000).

As matas ocorrentes ao longo de cursos d'água e no entorno de nascentes ocupam as áreas mais dinâmicas da paisagem, apresentando fisionomias vegetacionais condicionadas por uma interação complexa de fatores ambientais – tidos como definidores da paisagem – que compreendem as características hidrográficas, geológicas, e climáticas (MONTOVANI, 1989; OLIVEIRA FILHO, 1994; RODRIGUES, 2000; LIMA & ZAKIA, 2000).

Como principais fatores hidrológicos, Montovani (1989) e Oliveira-Filho (1994) destacam o volume de água superficial, a profundidade do lençol freático, o acúmulo de vapor d'água e o fluxo de água (solapamento e deposição); como geológico, consideram a natureza da rocha matriz, a composição física, química e biológica do solo e a natureza das aluviões; e, como topográficos, a altitude, a inclinação do relevo e o ângulo de abertura dos vales.

Bourgeron (1983), citado por Oliveira-Filho (1994), considera a topografia como o fator abiótico mais importante entre os que causam variações na estrutura das comunidades florestais numa escala local. Isto porque basicamente, está correlacionada com outras variáveis ambientais – propriedades físicas e químicas dos solos e o regime de águas subterrâneas ou de inundação.

Rodrigues (2000) propõe que o termo “formação ribeirinha com influência fluvial permanente” seja utilizado para designar as formações ribeirinhas cujas características vegetacionais, apesar de estarem claramente relacionadas com a região fitoecológica, apresentam particularidades em funções de estarem sobre solo permanentemente encharcado, com água superficial geralmente em movimento. Esse tipo vegetacional tem ocorrência típica nas grandes planícies de inundação ou sobre nascentes ou olhos d’água (PINTO, 2003).

A localização da mata ciliar, junto aos corpos d’água, faz com que ela desempenhe uma série de processos importantes que permitem manter a integridade e estabilidade da microbacia hidrográfica (LIMA & ZAKIA, 2000; LIMA & ZAKIA, 2011), refletindo também na qualidade de vida de toda a população sob influência dessa microbacia (DAVIDE *et al.*, 2000).

As principais funções hidrológicas da mata ciliar consistem em: a) promover a estabilização das ribanceiras dos cursos d’água pelo desenvolvimento de um emaranhado sistema radicular nas margens, reduzindo as perdas de solo e assoreamento dos mananciais (BROCKI *et al.*, 2000; DAVIDE & BOTELHO, 1999; FERNANDES, 1999; MELO, 1991); b) absorver e interceptar a radiação solar, contribuindo para estabilização térmica dos pequenos cursos d’água (LIMA & ZAKIA, 2000; DAVIDE & BOTELHO, 1999; LIMA, 1989; LIMA & ZAKIA, 2011); c) abastecer continuamente o rio com material orgânico (folhas, galhos, frutos, sementes e troncos), criando microhabitats favoráveis para refúgio de peixes e sustentação para a fixação de protozoários sésseis, algas e pequenos invertebrados (BARRELLA *et al.*, 2000); d) assegurar a perenidade das nascentes, uma vez que contribui na recarga de água no subsolo (FERREIRA *et al.*, 2000); e) regular o volume de água nos rios em função da excelente cobertura protetora à superfície do solo, permitindo, dessa forma, o bom funcionamento do processo de infiltração, em detrimento dos processos de escoamento superficial e de erosão (Lima, 1986a); essa regulação é possível pelo fato da água retida pela floresta ser liberada lentamente (AMBICENTER, 2011); f) funcionar como tampão e filtro na proteção dos impactos ambientais ocasionados pelo transporte de defensivos, corretivos e fertilizantes que são conduzidos pelo escoamento superficial da água no terreno (BOTELHO



& DAVIDE, 2002; MALAVASI *et al.*, 2000; LOURENCE *et al.* 1984; DELITTI, 1989); e, consequentemente, g) manter ou até mesmo melhorar a qualidade da água nas nascentes, rios, lagos e reservatórios (LIMA & ZAKIA, 2000; DAVIDE & BOTELHO, 1999; LIMA, 1989; LIMA & ZAKIA, 2011), uma vez que as matas ciliares atuam absorvendo, retardando ou purificando o escoamento antes que ele atinja os rios (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 1994).

Jacobs & Gilliam (1985), ao compararem bacias hidrográficas com e sem vegetação ripária, concluíram que as faixas de vegetação florestal ripárias são importantes para manter a qualidade da água dos rios em bacias intensivamente cultivadas.

Simões (2001) mostra que a ação da zona tampão ripária corresponde a uma verdadeira filtragem, tanto do escoamento superficial (*run off surface*) como do escoamento subsuperficial (retém nutrientes). Quando o escoamento superficial passa de uma área cultivada ou de uma pastagem para a zona ripária, ocorre uma diminuição na velocidade do fluxo pela rugosidade superficial maior e resistência da vegetação, reduzindo desse modo a capacidade de transporte de sedimentos. Já o transporte de nutrientes em solução ocorre quando o escoamento se dá de forma subsuperficial, sendo retidos, por absorção, pelo sistema radicular da vegetação ripária (PINTO, 2003).

Botelho & Davide (2002) salientam que apenas a recomposição da mata ciliar não é suficiente para recuperar a capacidade de “produção” de água de uma bacia hidrográfica. É de fundamental importância, para a recarga do lençol freático, a proteção das zonas de recarga acima das nascentes, por meio do uso da terra de acordo com a sua capacidade e existência de matas de topos de morro.

### **3.4 Legislação referente às nascentes ligados à cobertura vegetal, indispensáveis para legalizar ações interferentes.**

De acordo com a Lei Federal 4.771/65, que institui o Código Florestal (BRASIL, 1965), alterada pela Lei 7.803/89 e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, “*Consideram-se de preservação permanente, pelo efeito de Lei, as áreas situadas nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, devendo ter um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura*”.

Nessa mesma lei, os Artigos 2.º e 3.º, determinam que “*A área protegida pode ser coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos*

*hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.*

Referente à Lei de Crimes Ambientais nº 9.605/98 (BRASIL, 1998), conforme Artigo 39 determina que seja proibido “*destruir ou danificar floresta da área de preservação permanente, mesmo que em formação, ou utilizá-la com infringência das normas de proteção*”. Nesta lei é prevista pena de detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas as penas, cumulativamente. A pena poderá ser reduzida à metade, no caso de crime culposos.

Com o propósito de regulamentar o Art. 2.o da Lei n.º 4.771/65, publicaram-se a Resolução n.º 303 e a Resolução n.º 302, de março de 2002 – tendo como a primeira revoga a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 004, de setembro de 1985 (BRASIL, 1985), que se referia às Áreas de Preservação Permanente (APP) quanto ao tamanho das áreas adjacentes a recursos hídricos; a segunda, refere-se às áreas de preservação permanente no entorno dos reservatórios artificiais (figura 5), determinando que:

a) Quando localizada em área rural, as APP’s que estejam ao redor de nascente ou olho d’água, , ainda que só apareçam em alguns períodos (na estação chuvosa, por exemplo), deve ter raio mínimo de 50 metros de modo que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte.

Em relação às nascentes localizadas em áreas urbanas, de acordo com a situação em que as mesmas se encontrem, serão tomadas medidas diferenciadas. No caso da nascente não ter interferência, como nenhuma construção em um raio de 50 metros, a legislação é a mesma da área rural. Já para aquelas perturbadas por alguma intervenção anterior em seu raio de 50 m, por exemplo, com habitações anteriores consolidadas, na nova interferência, deve-se consultar os órgãos competentes.

b) No caso das veredas e em faixa marginal, que estejam na projeção horizontal, a partir do limite do espaço brejoso e encharcado, elas devem apresentar a largura mínima de 50 metros.

Vereda é o espaço brejoso ou encharcado, que contém nascentes ou cabeceiras de cursos d’água, onde há ocorrência de solos hidromórficos, caracterizado predominantemente por renques de buritis do brejo (*Mauritia flexuosa*) e outras formas de vegetação típica (CALHEIROS et al., 2004 p.40).

c) Para cursos d’água, a área de APP varia de acordo com a largura do rio. Ela será medida a partir do nível mais alto alcançado pela água por ocasião da cheia sazonal do curso d’água perene ou intermitente, em projeção horizontal. As larguras mínimas deverão ser de:

30m, para cursos d’água com menos de dez metros de largura;

50m, para cursos d’água com dez a cinquenta metros de largura;

100m, para cursos d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;

200m, para cursos d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;

500m, para cursos d'água com mais de seiscentos metros de largura.

d) Para lagos e lagoas naturais, ao seu entorno, a faixa deve ter largura mínima de:

30m, para os que estejam situados em áreas urbanas consolidadas;

100m para os que estejam em áreas rurais, exceto os corpos d'água até com 20 ha de superfície, cuja faixa marginal será de 50m.

Área urbana consolidada é aquela que atende aos seguintes critérios: Definição legal pelo poder público e existência de, no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infra-estrutura urbana: malha viária com canalização de águas pluviais; rede de abastecimento de água; rede de esgoto; distribuição de energia elétrica e iluminação pública; recolhimento de resíduos sólidos urbanos; tratamento de resíduos sólidos urbanos e densidade demográfica superior a 5.000 habitantes por quilômetro quadrado (CALHEIROS et al., 2004 p.40).

e) No entorno de reservatórios artificiais, a faixa deve ter largura mínima de:

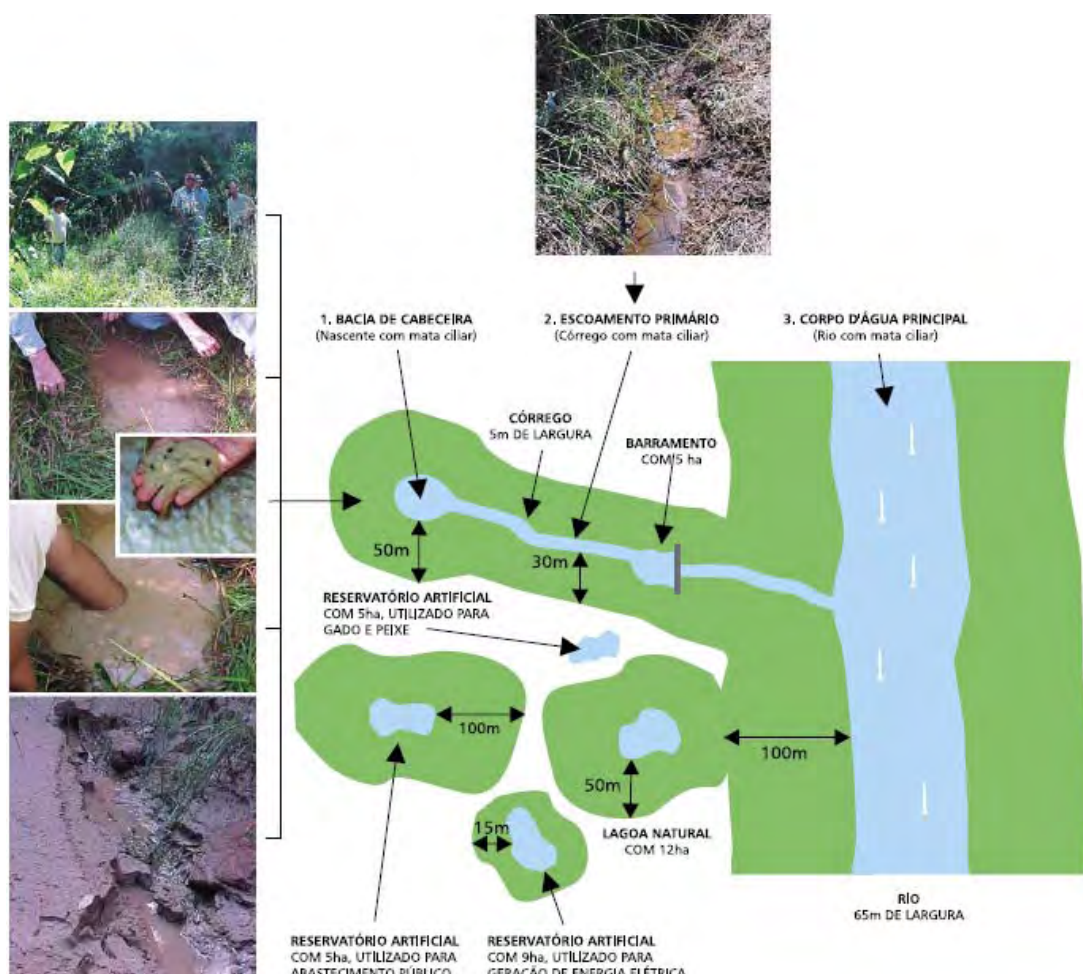
30m para reservatórios artificiais situados em áreas urbanas consolidadas e 100m para áreas rurais, lembrando que essas larguras poderá ser ampliada ou reduzida, sempre observando o patamar mínimo de 30m, conforme o estabelecido no licenciamento ambiental e no plano de recursos hídricos da bacia se houver. Más essa redução, não se aplica às áreas de ocorrência original da floresta ombrófila densa – porção amazônica, inclusive os cerradões, e aos reservatórios artificiais utilizados para fins de abastecimento público.

Para reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até 10ha, a largura mínima é de 15m, caso não haja prejuízo de compensação ambiental;

E para os reservatórios artificiais não utilizados em abastecimento público ou na geração de energia elétrica, com até 20ha de superfície e localizados na área rural, a largura mínima também é de 15m.

Referente às acumulações artificiais de água inferiores a 5ha de superfície, não localizadas em APP's e que não sejam resultantes do barramento ou represamento de cursos d'água, não se aplica essa disposição (15m no mínimo), exceto que estas acumulações estejam destinadas ao abastecimento público.

No caso dos reservatórios artificiais destinados ao abastecimento público e à geração de energia, o empreendedor, deve elaborar o Plano Ambiental de Conservação e Uso do entorno do reservatório artificial, em acordo com o termo de referência expedido pelo órgão competente, onde a sua aprovação precisa ser precedida da realização de consulta pública. É bom salientar que o Comitê de bacia hidrográfica também necessita ser ouvido na análise desse plano.



**Figura 5** – Exemplo de bacia com diferentes tipos de corpo hídricos

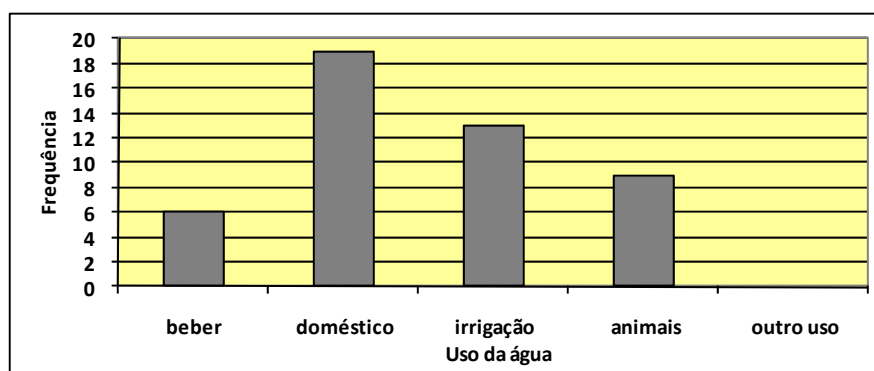
(Fonte: Calheiros *et al.*, 2004).

### 3.5 Adequação da avaliação e proposta de restauração florestal de áreas de nascentes na Bacia hidrográfica do alto rio Gramame: Situação atual

A bacia hidrográfica do rio Gramame caracteriza-se por ser palco de uma série de conflitos em torno da água sendo o mais notável o de disponibilidade quantitativa entre a irrigação e o abastecimento humano. Registram-se ainda conflitos entre a atividade da pesca e a industrial, e outros.

Essa bacia hidrográfica atende a demanda de múltiplos usos de água, como agricultura, indústria, lazer, piscicultura, bebedouros, irrigação e abastecimento público (Figura 6). Segundo o Plano Diretor da Bacia do Gramame (PARAÍBA, 2000), aproximadamente 58% da água da bacia se destina a Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba (CAGEPA) que abastece a área urbana de vários municípios vizinhos ao município

de Pedras de Fogo, 41% para a irrigação e 1% para o abastecimento público local. Com o possível aumento da produção de água no próprio município local das nascentes em estudo, a conservação e restauração das mesmas contribuirão para ampliar o abastecimento público de água, hoje já bastante limitado. Cerca de apenas 10% da população urbana de Pedras de Fogo são atendidas pelo fornecimento de água tratada pela CAGEPA (PEDRAS DE FOGO, 2005). Essa deficiência de distribuição de água na cidade tem causado problemas sérios de saúde pública, principalmente, os casos persistentes e elevados índices de esquistossomose e outras doenças de veiculação hídrica.



**Figura 6** – Uso da água das nascentes do alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame (Fonte: Filgueira *et al.*, 2010).

É interessante notar que o atual PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos (2006) não se refere às ações necessárias para a restauração dos rios, riachos ou nascentes nestas duas bacias ou nas demais do Estado. A preocupação marcante é de atender a crescente demanda, sem por outro lado agir em função de aumentar as condições de oferta, através das restaurações. Nesse sentido, esse trabalho poderá inovar na proposta de convergir ações interinstitucionais, com o objetivo de restauração de rios a partir das relações de trabalhos integrados no local das nascentes do rio Gramame, como uma experiência para servir de referência para outras microbacias do Estado.

Esse trabalho de avaliação e com proposta de restauração pretende então, contribuir com a criação de condições de permanência do homem na área rural na medida em que, a concentração humana ocorre em função do número de assentamentos rurais no município. Destaca-se, outrossim, que o município de Pedras de Fogo tem onze assentamentos rurais, a maioria criados em 1995 e 1996, envolvendo mais de 650 famílias assentadas em uma área de

4.212,6 ha, inteiramente dentro desse território municipal. É um dos municípios que mais concentra assentamentos no Estado (INCRA, 2008).

O uso adequado dos recursos hídricos também favorece ao aumento da renda familiar, da qualidade e quantidade de alimentos, da criação de animais, enfim há um melhor aproveitamento da água pelas comunidades locais.

Portanto, pode-se descrever como um problema de Engenharia Urbana e Ambiental, a degradação das nascentes do alto curso do rio Gramame no Município de Pedras de Fogo/PB, que precisa ser analisado e solucionado, com intuito de melhorar as condições ecológicas, econômicas, sanitárias e sociais do homem que vive não só nessa região, mas também nas demais regiões abastecidas por esta bacia hidrográfica.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

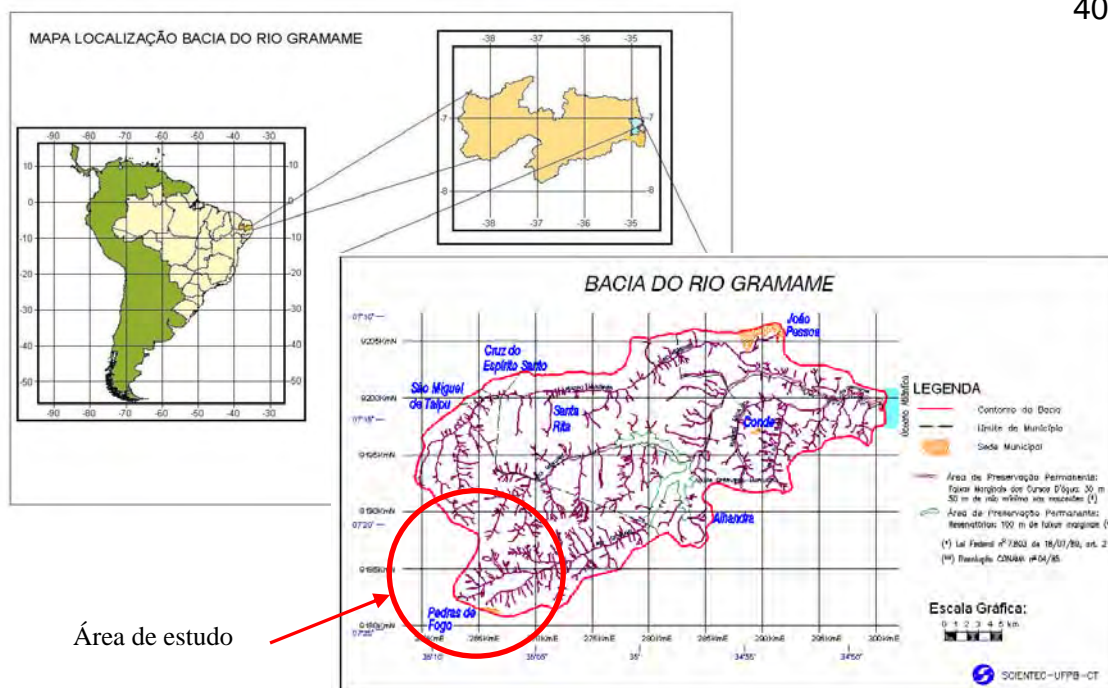
### **4.1 Localização da área de estudo**

O trabalho de pesquisa foi realizado no alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, na zona rural do município de Pedras de Fogo, PB. Nessa região nascem os três principais rios que compõem a bacia hidrográfica do rio Gramame, a qual abastece cerca de 90% da população da grande João Pessoa, capital do estado da Paraíba: os rios Gramame (rio principal), Mamuaba e Mumbaba.

A área de estudo localiza-se entre as latitudes 9.204.728m e 9.210.728m N e as longitudes 280.619m e 290.619m E (em coordenadas UTM, SAD 69, Zona 25, Hemisfério Sul), no município de Pedras de Fogo, região do Litoral Sul do Estado da Paraíba (Figuras 7 e 8).

Foram escolhidas para o desenvolvimento da pesquisa cinco nascentes, dentre as 71 catalogadas na bacia hidrográfica do rio Gramame por Di Lorenzo (2007): três localizadas na sub-bacia hidrográfica do rio Gramame de nomes, Cabelão (9.181.918m N e 266.560m E), Cacimba da Rosa (9.181.542m N e 265.632m E) e Comunidade Nova Aurora (9.182.495m N e 263.233m E); uma na sub-bacia do rio Una: Bela Rosa (9.186.295m N e 263.374m E); e uma na sub-bacia do rio Mumbaba: Comunidade Fazendinha (9.192.080m N e 262.473m E). Essas cinco nascentes foram escolhidas por serem representativas da bacia, além de estarem localizadas em assentamentos agrícolas do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) (Comunidade Nova Aurora e Comunidade Fazendinha) e comunidades rurais de exploração agrícola familiar de fácil acesso.





**Figura 7** – Localização geográfica da área de estudo na bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba.



**Figura 8** – Localização das nascentes no alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba (Fotos: Hamilcar J. A. Filgueira, 2009).



## 4.2 Estratégia de ação

A pesquisa foi sistematizada em atividades integradas como, revisão de literatura, coletas de dados em órgãos públicos e outros ligados ao tema, trabalhos de campo, entrevistas e trabalhos de laboratórios e de escritórios.

As avaliações de todas as nascentes foram realizadas em um raio de 200 a 500 metros ao entorno das mesmas.

No desenvolvimento do trabalho foi realizado o diagnóstico florestal para saber as espécies florestais nativas e exóticas indicadas e adaptadas a cada região das nascentes em estudo. As espécies foram analisadas da seguinte maneira: nome vulgar, nome científico, família e sua classificação como exótica ou nativa.

Esse diagnóstico foi obtido por meio de um trabalho em conjunto com profissionais da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER/PB) e com um “mateiro” de uma indústria sucroalcooleira da região com grande conhecimento florestal. Foi realizada também a caracterização histórica das mesmas, através de entrevistas feitas junto à população local onde se coletou informações importantes sobre o nível de degradação que ocorreu na região com o passar dos anos, e o mapeamento ambiental das nascentes. Referente à caracterização histórica do Município de Pedras de Fogo - PB, os dados obtidos foram alcançados através de pesquisas adquiridas em órgãos competentes como a EMATER/PB e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Quanto à caracterização histórica da região das nascentes os resultados foram adquiridos através de uma pesquisa de campo trabalhada em conjunto com alguns moradores locais, por meio de informações verbais, preferencialmente com faixa etária um pouco avançada, pois são moradores que residem na região há muitos anos.

Nos trabalhos de campo foram realizadas caminhadas exploratórias e registros fotográficos, permitindo averiguar o processo de desmatamento e detecção do nível de alteração recente das cinco nascentes em estudo.

Paralelamente foi realizado o reconhecimento das áreas das nascentes, com descrição geral de seus elementos georreferenciadas, com uso de técnica de *Global Position System* (GPS), para auxiliar a confecção de mapas temáticos; avaliação *in loco* das condições do meio ambiente; entrevistas e aplicações de questionários junto à população local, segundo metodologia proposta por Rocha (1997) e Richardson (1999), de modo a obter informações detalhadas das condições sociais, econômicas, políticas, ambientais e culturais, para a

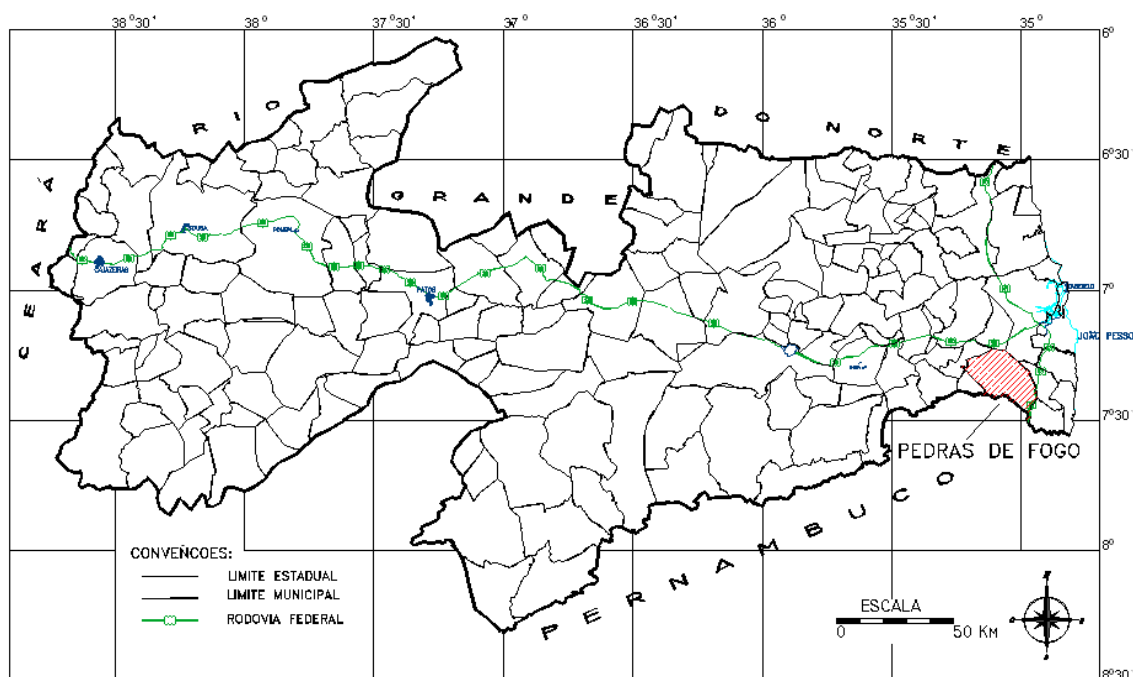
avaliação e diagnóstico das comunidades; e visitas a órgãos governamentais e não governamentais para auxiliar nas atividades de identificação e análises das áreas de estudo. E em seguida foram coletadas as informações relativas aos dados de vegetação e do uso do solo das nascentes.

No estudo do solo da área de estudo foi realizada inicialmente uma análise visual, onde foram avaliados: condição da cobertura do solo, pedregosidade, profundidade, topografia e o uso atual. Em seguida foram feitas as análises físicas e químicas do solo de todas as nascentes, onde foram retiradas seis amostras de solo por nascente, em três pontos diferentes, nas profundidades de 0–0,20 m e 0,20–0,40 m. As análises físicas e químicas foram conduzidas de acordo com a metodologia do Manual de Método de Análise de Solo da Embrapa (EMBRAPA, 1997). As propriedades físicas do solo analisadas foram: densidade do solo e classificação textural. Para o estudo das análises químicas do solo foram analisadas as seguintes propriedades: potencial hidrogeniônico (pH) em  $\text{CaCl}_2$  0,01M, fósforo pelo método da Carolina do Norte (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), sódio (Na), acidez do solo (H+Al), capacidade de troca de cátions (T), saturação por bases (V%), bem como, os teores de matéria orgânica (M.O.). Os dados relativos às propriedades físicas e químicas do solo foram realizadas, no Laboratório de Solos e Água (LASAG), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR) – Campus de Patos-PB, com exceção do teor de matéria orgânica que foi conduzido no Laboratório de Análise Química de Alimentos (LAQA), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Tecnologia, Departamento de Tecnologia e Química de Alimentos (DTQA).

Foram confeccionados também os mapas temáticos das áreas de estudo: localização da área de estudo na bacia hidrográfica do rio Gramame e localização das nascentes (Figura 7). Para tanto foram utilizados produtos de sensoriamento remoto, como imagens de satélite e/ou fotografias aéreas, técnicas de geoprocessamento e interpretação visual de bases cartográficas dos produtos de sensoriamento remoto, segundo metodologia proposta por Veneziani & Anjos (1982), e uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), como o software livre “Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING)”, do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) (CÂMARA et al., 1996). Os resultados foram armazenados em um banco de dados georreferenciados.

### 4.3 Caracterização da área de estudo

O Município de Pedras de Fogo fica situado na Zona Fisiográfica do Litoral da Paraíba. Pertence à Microrregião do Litoral Sul da Paraíba e está na Mesorregião da Mata Paraibana (Figura 9). Se limita ao Norte com o município de Cruz do Espírito Santo; ao Sul com o município de Itambé, Estado de Pernambuco; a leste, com os municípios de Santa Rita, Alhandra e Caaporã; e a Oeste com os municípios de Juripiranga e São Miguel de Taipu. A sede municipal tem altitude média de 177 m e está distante cerca de 42 km de João Pessoa, capital do Estado da Paraíba.



**Figura 9** – Divisão Territorial do Estado da Paraíba, com o município de Pedras de Fogo em destaque

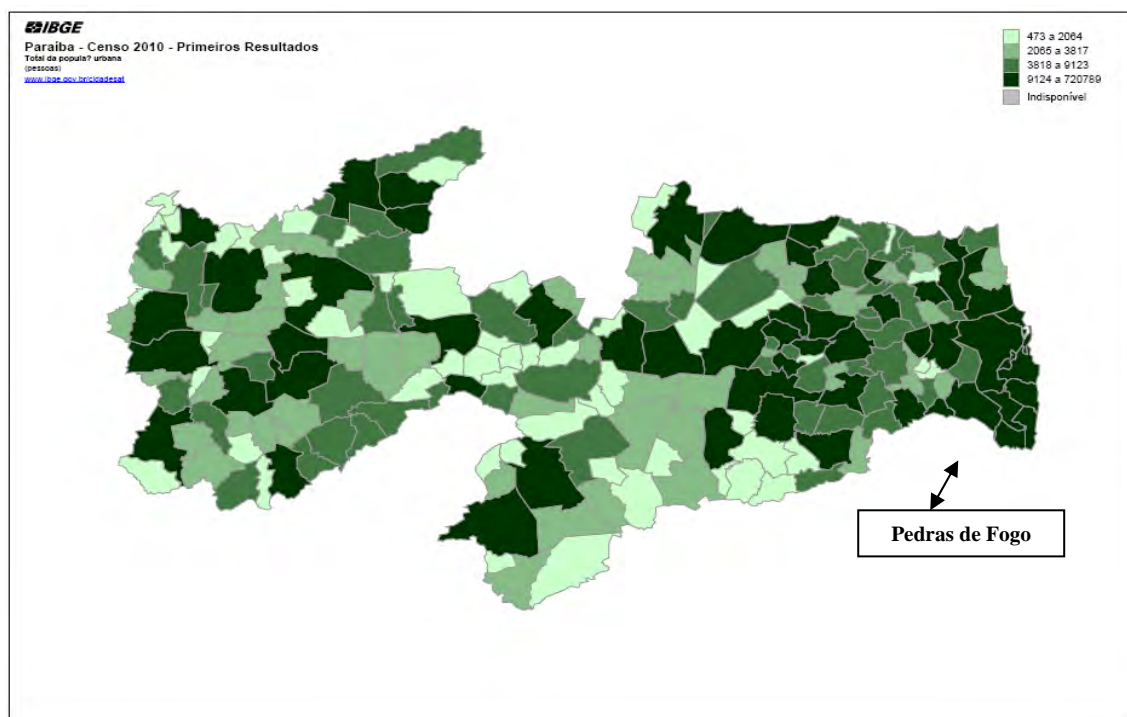
(Fonte: Plano Diretor do Município de Pedras de Fogo, 2006).

O município de Pedras de Fogo, Paraíba, foi criado pela lei estadual nº 895, de 11-03-1953. Possui uma área de 400,39 km<sup>2</sup>, representando 0,7107% do Estado da Paraíba, população de 27.034 hab., e densidade populacional de 67,4 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). O seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,568, considerado médio de acordo com o Relatório de Desenvolvimento Humano 2000 do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD (PNUD, 2000).

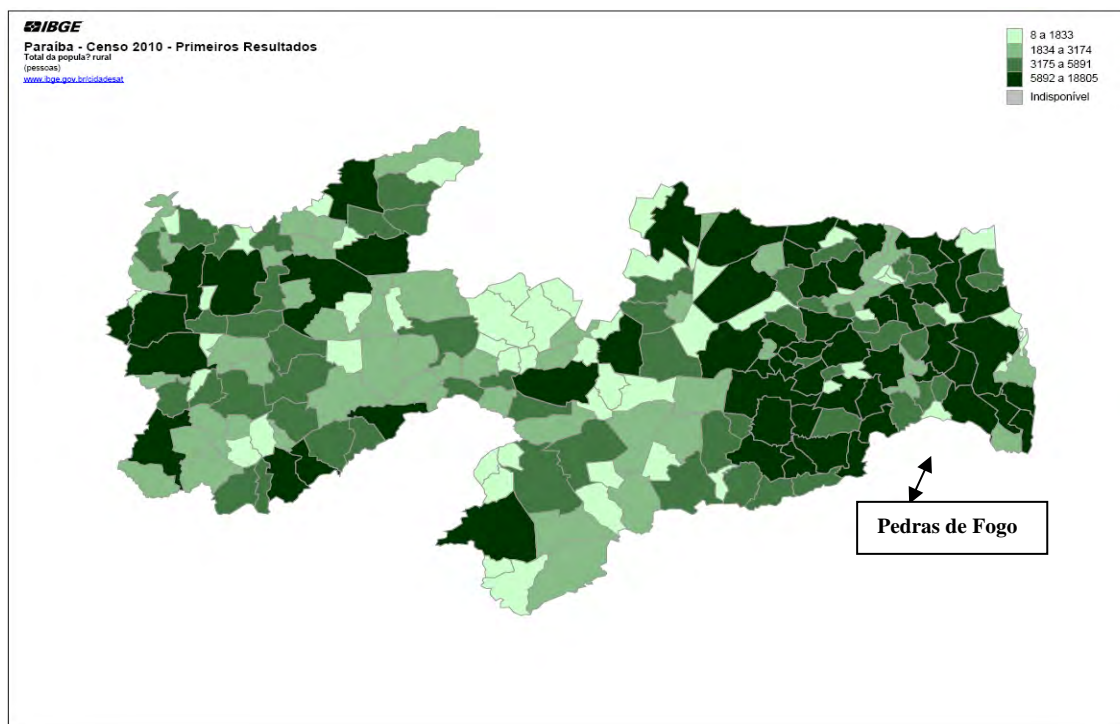
#### 4.3.1 População rural e urbana do município de Pedras de Fogo - PB

É interessante salientar que Pedras de Fogo em 2004 era um dos poucos municípios da Paraíba em que o número de habitantes na zona urbana era muito próximo ao número de habitantes da zona rural (LIMEIRA, 2008). Sua população em 2004 foi estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 26.034 habitantes, sendo 13.910 na zona urbana e 12.124 na zona rural, com uma densidade demográfica de 74,81 hab./km<sup>2</sup> e um grau de urbanização de 53,43%.

Nos dias atuais o número de habitantes do município de Pedras de Fogo na zona urbana é bem maior do que o número de habitantes da zona rural. Sua população em 2010 foi estimada pelo IBGE em 27.034 habitantes, sendo 16.360 na zona urbana e 10.674 na zona rural, com uma densidade demográfica de 65,86 hab./km<sup>2</sup> e um grau de urbanização de 60,52 %. As Figuras 10 e 11 mostram o total da população urbana e rural (número de indivíduos) do município de Pedras de Fogo em 2010 em relação ao Estado da Paraíba.



**Figura 10** – Total da população urbana (número de indivíduos) do Município de Pedras de Fogo em 2010  
(Fonte: IBGE, 2010).



**Figura 11** – Total da população rural (número de indivíduos) do Município de Pedras de Fogo em 2010  
(Fonte: IBGE, 2010).

#### 4.3.2 Clima

Segundo a classificação de Köppen, o município de Pedras de Fogo está inserido na Mesorregião da Mata Paraibana, o seu tipo climático é AS' - quente e úmido, com chuvas de outono/inverno que ocorrem a partir de abril, estendendo aos meses de junho/julho. A precipitação pluviométrica anual é de 1.500 mm. Sua temperatura varia de 18 °C a 30 °C. Os meses de julho e agosto são, relativamente, de baixas temperaturas, podendo chegar à mínima de 10 °C e a umidade relativa do ar média é de 80% (SILVA *et al.*, 2010 ).

O território ou Mesorregião Mata Paraibana, por sua posição privilegiada, apresenta condições climáticas favoráveis às explorações agropecuárias.

#### 4.3.3 Solos

As principais unidades de solos encontradas no território ou Mesorregião da Mata Paraibana são: Alissolos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos. A principal limitação ao uso agrícola dos Alissolos decorre da baixa fertilidade natural, necessitando,

portanto, de correção de acidez e adubação para utilização agrícola intensa. Os solos encontrados do tipo Neossolos Flúvicos, são solos profundos de baixa fertilidade natural, bem drenados, podendo apresentar saturação de bases que pode variar de baixa à alta, situando-se em terrenos da baixada litorânea. Podem ser intensamente cultivados desde que se façam práticas de calagem e adubação. Quanto aos Neossolos Quartzarênicos - solos de textura predominantemente arenosa, drenagem excessiva e baixíssima fertilidade necessitam para seu aproveitamento agrícola de práticas de adubação, principalmente a incorporação de matéria orgânica para melhorar sua estruturação e a retenção de umidade.

No subsolo do município podem ser encontradas jazidas de pedras calcárias, argilas e reservas de caulim (PARAÍBA, 2000).

#### 4.3.4 Relevo/Topografia

Seu território se assenta em terrenos ondulados, onde existem colinas, tabuleiros e várzeas. Não há serras no município. A sede do município situa-se num território relativamente plano, considerando ser suavemente inclinado, o que pode proporcionar um desenvolvimento/crescimento da cidade de forma estruturada/ordenada.

#### 4.3.5 Vegetação

De acordo com informação verbal de residentes, nos últimos vinte anos, o município é dominado predominantemente por uma paisagem coberta pela cultura cana-de-açúcar. Não existe terra que não apresente a sua marca, pois os imensos canaviais se sucedem pelas várzeas, colinas e tabuleiros que predominam na área. A vegetação nativa é escassa.

As várzeas, anteriormente ocupadas por uma floresta exuberante, de árvores de grande porte como a oiticica (*Licania rigida Benth.*), a sapucaia (*Lecythis pisonis Camb.*), a parahyba (*Schizolobium parahyba*), a imberiba (*Eschweilera ovata Cambiss.*), o pau-ferro (*Caesalpineae ferrea*), o pau-brasil (*Caesalpinia echinata Lam.*), o pau d'arco amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) e muitas outras, foram quase completamente devastadas. Hoje, ainda considerada terras férteis, costumam-se cultivar principalmente cana-de-açúcar dentre outros como cereais, legumes, inhame, abacaxi, mandioca. Nas colinas, localizam-se ainda fragmentos de Mata Atlântica, como a macaíba (*Acrocomia intumescens Drude*), imbaúba (*Cecropia pachystachya Trec.*), pau cinza (*Inga stipularis DC.*), genipapo (*Genipa americana*

*L.*), dentre outras que são algumas das espécies nativas presentes na região em estudo, o qual poderá ser melhor analisado posteriormente neste trabalho no item diagnóstico florestal.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Caracterização histórica das nascentes**

#### **5.1.1 Nascente Cabelão**

De acordo com informações verbais de habitantes com idade adulta da região, a nascente Cabelão insere-se atualmente em uma região as margens da cidade de Pedras de Fogo, que há uns vinte anos atrás era totalmente desabitada, só existia a vegetação e a fauna nativa. Com o passar do tempo esta região começou a ser ocupada, e níveis de degradação da nascente seguiu o crescimento peri-urbano desta. Árvores começaram a ser derrubadas para construção de habitações, culturas agrícolas foram praticadas em busca da subsistência das famílias, como alimentação própria ou renda para sobrevivência. Os níveis de consumo d'água aumentavam demasiadamente e de forma inadequada, contribuindo para a poluição hídrica local.

Referente à fauna nativa, esta começou a desaparecer na medida em que a vegetação degradava-se. Alguns dos animais foram em busca de outros habitats, ou seja, áreas propícias ao seu estabelecimento e muitos deles foram extintos por predadores, principalmente pelo homem. Pássaros eram caçados pela população que habitará a região, sendo criados em suas residências tornando-se assim animais caseiros e outros foram vendidos, feitos de comércio como renda financeira de algumas famílias. Outros animais como a cutia, capivara, tatu, entre outros, eram caçados e consumidos em suas próprias residências.

A nascente Cabelão foi uma fonte d'água muito importante para boa parte da população de Pedras de Fogo, muito antes da expansão da rede de abastecimento de água da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) no município (Figura 12).





**Figura 12** – Nascente Cabelão, Pedras de fogo, PB

(Foto: Hamilcar J. A. Filgueira, 2009).

Na medida em que se passavam os anos, a degradação alastrava-se de forma assustadora. A vegetação do seu entorno foi sendo derrubada e o lixo doméstico foi sendo jogado na sua proximidade, prejudicando a quantidade e a qualidade de suas águas.

Nos dias atuais é delicadíssima a situação em que esta nascente encontra-se. Além da degradação que já existira, novas ações estão contribuindo mais ainda para a sua degradação, como a construção de um anel viário na sua proximidade. Nessa obra estão sendo feitos trabalhos de cortes e aterros do solo muito próximo da nascente, o que vem ocasionando a eliminação de um número significativo de espécies florestais, carregando com elas todos os nutrientes e minerais necessários ao meio ambiente, desfavorecendo de forma quantitativa e qualitativa os recursos hídricos locais (Figura 13). Antes de a estrada ser construída já não havia mais vegetação nativa e de acordo com informações verbais local a nascente está poluída com grandes índices de coliforme fecal, isso provocado pelo avanço da urbanização da cidade nas suas imediações.



**Figura 13** – Degradação da área situada imediatamente a montante da nascente Cabelão devido a construção de um anel viário  
(Fotos: Hamilcar J. A. Filgueira, 2010).

### 5.1.2 Nascente Cacimba da Rosa

A nascente Cacimba da Rosa há pouco tempo atrás era uma região conservada, com vegetação e fauna bastante presente, da qual por muitos anos foi a principal fonte d'água de uma boa parte da população de Pedras de Fogo. Era uma nascente de córrego muito forte, de grande abundância hídrica. Nessa época já se constatava a presença de moradores locais, mas em números muito pequenos, que conservavam e preservava toda a sua área de abrangência. Na medida em que os anos se passaram, novos habitantes ocupavam a região, explorando a terra de forma inadequada, como a utilização de práticas agrícolas e pecuárias arcaicas e sem controle técnico.

Assim, a degradação começou a alastrar-se de forma rápida e incontrollável, onde os moradores próximos a nascente colaboraram muito com a poluição, jogando lixo doméstico nas suas proximidades (Figura 14). Há uns quinze anos atrás foi construída uma casa de farinha a montante e bem próxima da nascente, contribuindo de forma significativa para o aumento dos níveis de degradação, principalmente pela manipueira produzida nesta e jogada a céu aberto em sua direção.



**Figura 14** – Nascente Cacimba da Rosa, Pedras de Fogo, PB  
(Foto: Hamilcar J. A. Filgueira, 2009).

Através de consultas verbais obtidas com a população local, atualmente a região o qual a nascente Cacimba da Rosa insere-se está bastante compactada, com números muito reduzidos de espécies florestais. O solo é pobre e exposto a toda e qualquer ação do meio ambiente, prática agrícola com as chamadas “lavouras brancas” (batata doce, inhame e macacheira), recursos hídricos prejudicados pela utilização inadequada dos poluentes químicos e fauna totalmente extinta por causa do impacto ambiental causado nesta (Figura 15).

O anel viário que está sendo construído na região, em “prol do progresso do município”, como alguns falam, está passando a jusante e muito próximo da nascente, causando muitos transtornos ambientais (Figura 16).





**Figura 15** – Situação de degradação do entorno da nascente Cacimba da Rosa  
(Foto: Hamilcar J. A. Filgueira, 2009).



**Figura 16** – Construção de um anel viário que passa imediatamente a jusante de nascente Cacimba da Rosa  
(Fotos: Hamilcar J. A. Filgueira, 2010).

### 5.1.3 Nascente Bela Rosa

A nascente Bela Rosa, como as nascentes Cabelão e Cacimba da Rosa, no passado era uma região bastante preservada e conservada, com vegetação e fauna nativa, característica da área. Apesar de está inserida em uma propriedade particular, na medida em que os anos passavam a exploração e degradação tornava-se presente e constante (Figura 17).



**Figura 17** – Nascente Bela Rosa, Pedras de Fogo, PB

(Foto: Hamilcar J. A. Filgueira, 2010).

O proprietário da área desta nascente era o seu Manoel Arará, já falecido, daí de ser também conhecida por alguns como “a nascente de seu Manoel Arará”. Nos dias atuais a propriedade está nas mãos de herdeiros, os quais esperam a partilha de bens.

Hoje esta nascente se encontra também bastante degradada, com solo exposto, sem nenhuma cobertura florestal, com características destrutivas bem visíveis, sem presença de espécies animais, a não ser os que foram introduzidos, como o caso de bovinos que favorecem o aumento dos níveis de degradação, pelo o pisoteio constante dos animais, compactando desta forma o solo. Enfim, a agricultura de subsistência, a “lavoura branca”, a pecuária intensiva, dentre outras, são os principais fatores da degradação local em que se encontra a nascente Bela Rosa (Figura 18).



**Figura 18** – Situação de degradação ambiental à esquerda e à direita da nascente Bela Rosa (Fotos: Hamilcar J. A. Filgueira, 2010).

Como esta área encontra-se na posse de vários proprietários, torna-se mais difícil à tentativa da restauração local, pela necessidade da obtenção dos diferentes consentimentos para aprovar os métodos de recuperação a serem introduzidos.

Uma característica muito importante da região ao entorno da nascente é a presença de uma área com remanescentes florestais, que foi tomada como referência neste estudo, cuja preservação e conservação são fatores bastante significativos (Figura 19).

Essa mata sempre foi mantida intacta pelo falecido proprietário e continua sendo preservada por seus herdeiros, como forma de respeito à memória do mesmo e não pela sua importância. A sua preservação é de grande relevância para toda a região, pois beneficia todo o meio ambiente local, favorecendo desta forma, a quantidade e qualidade dos recursos hídricos e também a qualidade do ar e do solo. Promove também o bom estabelecimento e desenvolvimento das espécies florestais, melhorando assim, o habitat dos seres vivos presentes na região. Tudo isso é confirmado pelos estudos acadêmicos que tratam da importância de uma vegetação preservada na natureza.





**Figura 19** – Remanescentes florestais preservados nas proximidades da nascente Bela Rosa  
(Foto: Fabliciane F. Costa, 2010).

#### 5.1.4 Nascente Nova Aurora

A nascente Nova Aurora é de grande importância quando comparada com as demais deste estudo, pois, ela é caracterizada como a nascente propriamente dita do rio Gramame, o rio principal da bacia hidrográfica que leva o seu nome (Figura 20).



**Figura 20** – Nascente Nova Aurora, Pedras de Fogo, PB  
(Foto: Hamilcar J. A. Filgueira, 2009).

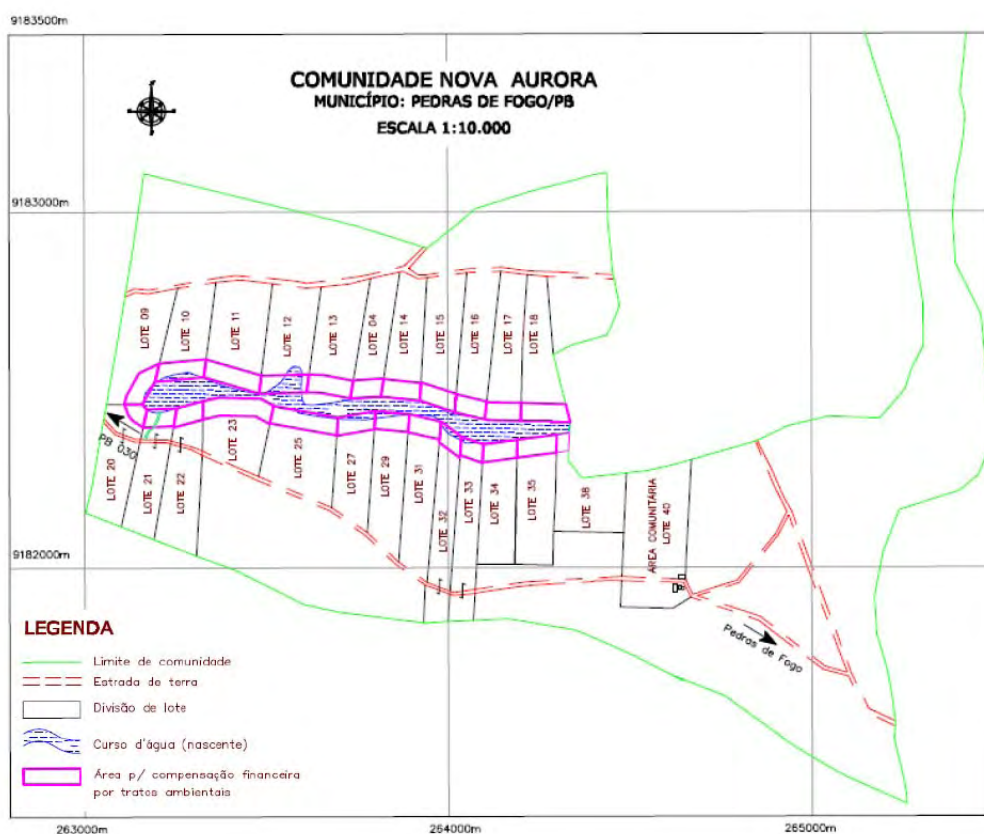
De acordo com informações verbais de agricultores locais, há muitos anos atrás, toda a área ao redor dessa nascente era uma fazenda de nome Nova Aurora, o qual tinha dois proprietários. Nessa, a vegetação fazia parte do ambiente, ou seja, era totalmente coberto por espécies florestais. A área se encontrava em perfeito estado de conservação, sem nenhuma intervenção humana, com diversidades florestais e animais. À medida que os anos foram se passando, a fazenda foi sendo desmembrada e vendida para o INCRA, na qual instalou um assentamento rural. A partir daí essa nascente passou a ser conhecida como a nascente da comunidade rural de Nova Aurora.

O INCRA começou a fazer loteamentos em toda a região (Figura 21), onde cada lote foi entregue a proprietários diferentes, cujos pensamentos e objetivos para o uso da terra eram bastante diversificados. Então, a reforma agrária tomou conta da nascente do assentamento Nova Aurora, levando à consequências ambientais desastrosas e muitas delas de caráter irreversíveis. Dentre essas consequências, as de maiores destaques foram o desmatamento desenfreado, a introdução da agricultura de subsistência e da “lavoura branca” sem acompanhamento técnico, a monocultura da cana-de-açúcar, o uso inadequado da água, a poluição hídrica por meio de lixo doméstico e de agrotóxicos e a introdução de animais como bovinos, caprinos, entre outros, sendo o bovino o mais agressivo por compactar e destruir as propriedades químicas e físicas do solo, retirando todas as riquezas que são necessárias ao bom estabelecimento e desenvolvimento da vegetação (Figura 22).

Até a fauna original daquela região foi desaparecendo à medida que o seu ambiente natural ia deixando de existir. Alguns desses animais buscaram novos ambientes que fossem propícios para seu estabelecimento e muitos deles como, tatu, preá e teju-açu, foram caçados pelos moradores e produtores rurais do assentamento.

Muitos dos problemas ocorridos durante o estabelecimento de agricultores no assentamento ao passar dos anos, decorreram-se por falta de conhecimentos que a população local não adquiriu e também pela falta de incentivo do INCRA, que poderia ter esclarecido e exposto os benefícios que um ambiente conservado e protegido traria para a região como um todo.





**Figura 21** – Loteamento da comunidade rural de Nova Aurora ao redor de sua nascente, realizado pelo INCRA/PB (Fonte: adaptado do INCRA/PB).



**Figura 22** – Situação ambiental da nascente Nova Aurora (Foto: Maria C. M. Limeira, 2009).

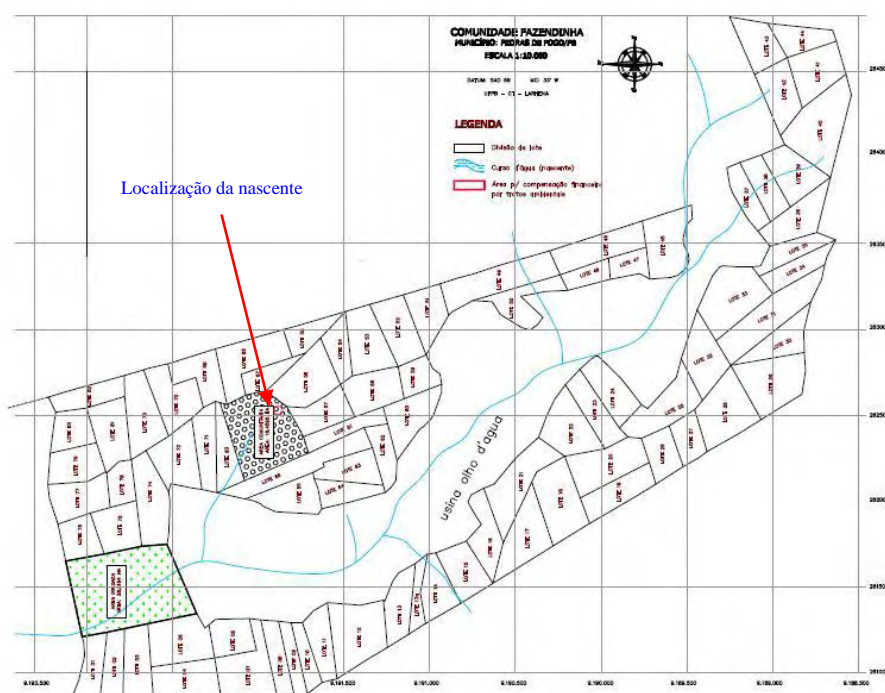
### 5.1.5 Nascente Fazendinha

A nascente Fazendinha apresenta uma característica muito importante, por está naturalmente protegida por árvores de aparência centenárias. Por esse cenário, ela foi considerada como referência, quando comparado o estado ambiental das demais nascentes em estudo.

No seu histórico, de acordo com a população local, há cerca de quarenta anos atrás existia um engenho de moagem da cana-de-açúcar na região, de funcionamento intenso e duradouro. Mesmo funcionando por muitos anos, todo o meio ambiente nas proximidades da nascente foi protegido pelo proprietário do engenho, buscando desta forma a sua conservação (Figura 23). Após a desativação do engenho, o terreno foi adquirido pelo INCRA para a instalação de um assentamento rural. Para esse assentamento rural foi dado o nome de comunidade Fazendinha (Figura 24).



**Figura 23** – Nascente Fazendinha, Pedras de Fogo, PB  
(Foto: Hamilcar J. A. Filgueira, 2009).



**Figura 24** – Loteamento da comunidade rural de Fazendinha, realizado pelo INCRA/PB (Fonte: adaptado do INCRA/PB).

Outro ponto relevante a ser destacado desta nascente é o fato de ser um dos primeiros assentamentos do INCRA no município de Pedras de Fogo. Mesmo sendo um assentamento, com diversos produtores rurais, cada um com um objetivo, uso e destino diferente para o solo, esta área não foi desmatada e compactada de forma a necessitar de medidas urgentes de reflorestamento.

No entanto, hoje, esta nascente encontra-se protegida, no tocante a existência de essências florestais no seu entorno, porém, muito degradada ambientalmente, devido a alguns indícios de intervenção humana encontradas no local. Foi observado durante os trabalhos de campo que, a população local tem o péssimo hábito de lavar suas roupas diretamente sobre a laje que protege a nascente. Isso tem ocasionado, além da poluição do solo ao seu redor, pelo acúmulo de lixo de embalagens vazias de produtos de limpeza, o comprometimento da qualidade de suas águas. Há necessidade, portanto, de uma campanha educativa urgente com a população local, como forma de cuidados preventivos visando à busca da sua posterior preservação (Figura 25).





**Figura 25** – Estado de degradação ambiental da nascente Fazendinha  
(Foto: Hamilcar J. A. Filgueira, 2010).

## **5.2 Diagnóstico florestal**

A vegetação característica das cinco nascentes que estão sendo analisadas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame (Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora Bela Rosa e Fazendinha), localizadas na zona rural do município de Pedras de Fogo-PB é caracterizada como Mata Atlântica, apresentando tanto espécies arbóreas como arbustivas.

Nas cinco nascentes estudadas foram identificadas 78 espécies, 32 famílias botânicas, sendo das espécies encontradas 27 exóticas e 51 nativas.

Assim constatou-se que no entorno das nascentes ocorre um número maior de espécies nativas quando comparada as exóticas. Exceção se verifica, no entanto, para a nascente Bela Rosa que apresenta só espécies exóticas.

A seguir, cada nascente será analisada detalhando-se as espécies florestais presentes.

### **5.2.1 Nascente Cabelão**

Na nascente Cabelão foram levantadas 15 espécies, todas com famílias diferenciadas, apresentado apenas 6 espécies exóticas e todas as demais nativas (Tabela 1).

**Tabela 1** – Espécies florestais presentes na nascente Cabelão, Pedras de Fogo, PB

Nome Vulgar	Nome Científico*	Família*	Classificação
Bananeira	<i>Musa spp.</i>	Mysaceae	Exótica
Jaqueira	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Moraceae	Exótica
Palmeira (Macaíba ou Macaúba)	<i>Acrocomia intumescens</i> Drude.	Arecaceae	Nativa
Imbaúba ou Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	Cecropiaceae	Nativa
Pau cinza	<i>Inga stipularis</i> DC.	Fabaceae-Mimosoideae	Nativa
Oliveira	<i>Olea europaea</i> L.	Oleaceae	Exótica
Genipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Nativa
Sabiá, Sabiazeira	<i>Miconia prasina</i> DC.	Melastomataceae	Nativa
Ipê mirim ou Ipê roxo ou Ipê preto	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl	Bignoniaceae	Nativa
Castanhola (Coração de negro)	<i>Zollernia latifolia</i> Benth.	Fabaceae-Papilionoideae	Exótica
Araçá	<i>Myrcia platyclada</i> DC.	Myrtaceae	Nativa
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	Leguminosae	Exótica
Jurubeba	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Solanaceae	Nativa
Leiteiro ou Banana de papagaio	<i>Sapium glandulatum</i> Pax	Euphorbiaceae	Nativa
Seriguela ou Ciriguela	<i>Spondias purpurea</i> L.	Anacardiaceae	Exótica

\***Fonte:** Costa *et al.* (2008).

Verifica-se na Tabela 1 a presença de muitas espécies nativas nessa nascente. Isso facilita o estudo dos indivíduos que melhores se adaptam e se desenvolvem na região, o que favorece a recuperação das mesmas, conforme o que preconiza o Código Florestal brasileiro (BRASIL, 1965). Segundo o Código, ao redor das nascentes são indicadas espécies nativas de forma natural, bem como, quanto a recuperação desta na forma de replantio.

A nascente Cabelão é uma das nascentes peri-urbana, apresentando vestígios bem visíveis de exploração humana, como, a prática da agricultura, a exemplo da cultura do feijão e a introdução de espécies frutíferas, consideradas como exóticas. Dentre estas tem-se a bananeira e a jaqueira, que foram espécies cultivadas pela população do seu entorno de forma aleatória, tanto para o consumo próprio, como para a venda excedente de seus frutos nas feiras livres regionais. Além do mais, não houve nenhum critério quanto ao seu plantio. No entanto, sabe-se que a bananeira não é muito recomendada para ser cultivada em encostas, pois, o seu sistema radicular favorece a desagregação do solo causando o seu escorregamento.

A espécie exótica conhecida popularmente como oliveira é uma das espécies não indicadas à reposição florestal, como busca da recuperação local por ser bastante agressiva e por se desenvolver e multiplica-se com bastante facilidade, tomando conta da região a qual se insere. Ziller (2001) e Dias-Filho (2004) comentam que a regeneração de espécies nativas nesses locais são impedidas pela invasão de plantas exóticas, pois estas se adaptam com mais facilidade a áreas degradadas, dispersam facilmente, são agressivas, possuem alta taxa de crescimento e não apresentam inimigos naturais.

Outro fato muito importante a ser comentado neste estudo é a presença de bastante lixo ao redor desta nascente, como: roupas, copos plásticos, tampas de garrafas, dentre outros, prejudicando desta forma os atributos químicos do solo, o que dificulta o estabelecimento das espécies florestais e consequentemente a qualidade e quantidade de água da nascente Cabelão.

É uma região de terreno bastante declivoso, com pedregosidade bem visíveis aos 0,40 m de profundidade do solo, o que favorece a degradação local.

Um ponto negativo encontrado na área da nascente Cabelão é a presença bastante limitada de serrapilheira que são os restos vegetais: folhas, caules, ramos, frutos, flores, sementes, restos de animais, excretas e material fecal. A serrapilheira é a camada formada pela deposição e acúmulo de matéria orgânica morta em diferentes estágios de decomposição que reveste superficialmente o mesmo, sendo a principal via de retorno de nutrientes ao solo, o que favorece o estabelecimento da vegetação.

### **5.2.2 Nascente Cacimba da Rosa**

Nesta nascente foram lidas levantadas 5 espécies, 11 famílias, sendo 5 destas exóticas e 10 nativas (Tabela 2).

**Tabela 2** – Espécies florestais presentes na nascente Cacimba da Rosa, Pedras de Fogo, PB

Nome Vulgar	Nome Científico*	Família*	Classificação
Cajá	<i>Spondias mombin</i> Jacq.	Anacardiaceae	Exótica
Anil ou Anileiro	<i>Indigofera trinctoria</i> L.	Leguminosae	Exótica
Araçá	<i>Myrcia platyclada</i> DC.	Myrtaceae	Nativa
Imbaúba ou Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	Cecropiaceae	Nativa
Jitaí	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J. F. Macbr	Fabaceae-Caesalpinioideae	Nativa
Pitomba ou Olho de boi	<i>Eugenia luschnathiana</i> Berg.	Myrtaceae	Exótica
Genipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Nativa
Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd) Poir.	Fabaceae- Mimosoideae	Exótica
Espinhoiro ou Braúna-mongo ou Espinhoiro-preto	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Fabaceae- Mimosoideae	Nativa
Sete cascos	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex. Spreng	Anacardiaceae	Nativa
Cavaçu	<i>Coccoloba alnifolia</i> Casar.	Polygonaceae	Nativa
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	Leguminosae	Exótica
Jurubeba	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Solanaceae	Nativa
João mole	<i>Guapira laxa</i> (Netto) Furlan	Nyctaginaceae	Nativa
Caboatã de rego	<i>Cupania racemosa</i> Radlk.	Sapindaceae	Nativa

\***Fonte:** Costa *et al.* (2008).

A nascente Cacimba da Rosa não difere muito da nascente Cabelão já que esta apresenta o mesmo número de espécies (15) e o número das nativas também é bem maior do que as das exóticas favorecendo, como já citado, a recuperação local da mesma. Está localizada em área peri-urbana, com terreno a jusante bastante declivoso, solo degradado, compactado e pedregoso já nos primeiros 0,20 m de profundidade do solo.

Bem próximo a nascente o solo está desprotegido, completamente sem nenhuma cobertura florestal, estando exposto a todo e qualquer ação do meio ambiente, como as gotas de chuvas que batem diretamente no solo, o que favorece a compactação deste.

Nesta nascente, animais como bovinos e equinos são introduzidos no local pela população do seu entorno, os quais utilizam a água de forma inadequada, tanto para desedentação como para banhos diretamente na nascente. Além disto, esses animais compactam bastante o solo, pelo pisoteio constante o que afeta a qualidade deste e consequentemente dos recursos hídricos.

Apesar da proximidade de Cabelão e Cacimba da Rosa, dentre as espécies identificadas algumas se diferenciam entre elas como as de nomes vulgares: cajá, anil, jitaí, pitomba, jurema preta, espinheiro, sete cascos, cavaçu, João mole e caboatã de rego,

encontradas na nascente Cabelão. Essa diversidade entre as nascentes se deve ao fato da cultura da população dos seus entorno em desmatar e replantar, da presença de agentes polinizadores distintos, do banco de proteínas e também, pelos atributos físicos e químicos dos solos.

A leguminosa leucena encontrada no entorno de ambas as nascente é uma das espécies exóticas não indicadas para reposição florestal por apresentarem crescimento rápido, tomando conta da região aonde se insere. Foi introduzida na área de estudo para alimentação bovina, por se adaptar bem as condições do meio ambiente local, apesar de ser uma espécie florestal propícia para clima quente e seco como a da região sertaneja paraibana.

Dentre as famílias de espécies florestais identificadas na nascente Cacimba da Rosa, nem todas diferem das encontradas em Cabelão, como é o caso das famílias Anacardiaceae, Leguminosae, Myrtaceae e Fabaceae-Mimosoideae, que destacam-se por apresentarem maiores números de indivíduos em ambas as nascentes. Essas famílias se desenvolveram bem na região devido às condições ambientais favoráveis.

Outro fato importante a ser abordado no diagnóstico de Cacimba da Rosa é que, nessa área, tem-se a introdução de culturas agrícolas, como a exemplo do abacaxi, milho e das popularmente conhecidas como “lavouras brancas” (inhame, macaxeira e batata doce), o que prejudica a qualidade e quantidade da água da nascente Cacimba da Rosa. Essas atividades agrícolas têm ocasionado o consumo inadequado de fertilizantes e agrotóxicos, resultando em impactos ambientais muitas vezes irreversíveis.

### **5.2.3 Nascente Nova Aurora**

Na nascente Nova Aurora foram levantadas 20 espécies, com algumas famílias diferenciando uma das outras, apresentado apenas sete exóticas e todas as demais nativas. As famílias que obtiveram maiores números de indivíduos foram: Myrtaceae, Arecaceae e Fabaceae-Mimosoideae (Tabela 3).



**Tabela 3** – Espécies florestais presentes na nascente Nova Aurora, Pedras de Fogo, PB

Nome Vulgar	Nome Científico*	Família*	Classificação
Bananeira	<i>Musa spp.</i>	Mysaceae	Exótica
Jaqueira	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Moraceae	Exótica
Coqueiro	<i>Cocos nucifera</i> L.	Palmaceae	Exótica
Araçá	<i>Myrcia platyclada</i> DC.	Myrtaceae	Nativa
Palmeira (Macaíba ou Macaúba)	<i>Acrocomia intumescens</i> Drude.	Arecaceae	Nativa
Imbaúba ou Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	Cecropiaceae	Nativa
Espinheiro ou Braúna-mongo ou Espinheiro-preto	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	Fabaceae-Mimosoideae	Nativa
Pau de jangada	<i>Apeiba albiflora</i> Aubl.	Malvaceae	Nativa
Caboatã de rego	<i>Cupania racemosa</i> Radlk.	Sapindaceae	Nativa
Embiriba ou Imbiriba ou Biriba	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambiss.) Miers.	Lecythidaceae	Nativa
Cipó imbé ou Pimenta do reino	<i>Philodendron imbe</i> Schott	Araceae	Nativa
Pau cinza	<i>Inga stipularis</i> DC.	Fabaceae-Mimosoideae	Nativa
Pau d'Arco roxo ou Ipê roxo	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl	Bignoniaceae	Nativa
Ingá de várzea	<i>Ingá urunguensis</i> Hooooker et Arnott	Mimosoideae	Nativa
Dendê	<i>Elaeis guineensis</i> L.	Arecaceae	Exótica
Sete cascos	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex. Spreng	Anacardiaceae	Nativa
Ingá branco	<i>Inga laurina</i> (SW.) Willd	Leguminoseae	Nativa
Oliveira	<i>Olea europaea</i> L.	Oleaceae	Exótica
Mangaba	<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Apocynaceae	Exótica
Eucalipto	<i>Eucaliptus ssp.</i>	Myrtaceae	Exótica

\***Fonte:** Costa *et al.* (2008).

Essa nascente está localizada em zona rural e é um dos assentamentos do INCRA/PB, conhecida também como assentamento Nova Aurora, sendo considerada como a nascente propriamente dita do rio Gramame. É também uma nascente do tipo difusa, a exemplo da nascente Bela Rosa, com área de várzea, bastante alagadiça, de características e propriedades químicas do solo bem distintas, com pedregosidade presente na camada mais profunda do solo (0,40 m). Logo a jusante dessa nascente há um barramento de suas águas (pequeno açude) que serve para uso agrícola, doméstico e recreativo da comunidade assentada. É uma região em que a presença de bovinos é constante, o que compactada e desagrega o solo.

De todas as nascentes já citadas no diagnóstico florestal até o presente momento a Nova Aurora foi a que obteve o maior número de indivíduos florestais, o que favorece os

recursos naturais de toda a região em que a mesma localiza-se. Este é um fator bastante positivo quando se refere à busca da recuperação/regeneração, já que estão presentes muitas espécies nativas.

Porém existem também muitos pontos negativos como a prática agrícola, a exemplo da batata doce e da cana-de-açúcar, como busca da subsistência tanto econômica como para o consumo próprio das famílias. Essas atividades agrícolas têm ocasionado grande consumo de fertilizantes, agrotóxicos e atividades de irrigação desordenada. O problema torna-se preocupante já que a nascente Nova Aurora está em uma região exclusivamente rural e a estrutura de apoio e assistência ao agricultor, em geral, é bastante precária, de forma que a utilização e aplicação, principalmente, de agrotóxicos ficam a critério do agricultor e de seu poder aquisitivo.

Desse modo, vários aspectos do uso desses fertilizantes e agrotóxicos contribuem para a poluição da nascente em estudo: uso nas proximidades das coleções d'água; ausência de critério na escolha do produto; aplicação em dosagens elevadas e em épocas erradas; lavagem de equipamentos de aplicação no próprio corpo hídrico e a destinação inadequada das embalagens. Além da poluição das nascentes, esses produtos químicos podem resultar em efeitos colaterais agudos e a longo prazo, doenças e morte de pessoas, animais úteis, aves e a destruição das plantações.

Com relação às espécies nativas encontradas no seu entorno, o arará se destaca, por apresentar um número muito significativos de indivíduos, sendo uma das frutíferas indicadas para reposição florestal da nascente Nova Aurora.

Dentre as espécies exóticas presentes nesta nascente o dendê e a oliveira são as mais agressivas, a exemplo do que se comentou quanto a oliveira presente em Cabelão, por se desenvolverem bastante rápido na presença de água, ocupando, desta forma, a região a qual se estabelecerá, não sendo indicadas como uma das que serão utilizadas no reflorestamento desta nascente.

Comparado as nascentes, Cabelão e Cacimba da Rosa a Nova Aurora, esta última apresenta algumas famílias diferentes, como: Palmaceae, Malvaceae, Sapindaceae, Lecythidaceae, Araceae, Mimosoideae, Apocynaceae, Mysaceae, Moraceae, Bignoniaceae, Oleaceae, Myrtaceae, Arecaceae, Anacardiaceae, Cecropiaceae, Fabaceae-Mimosoideae e Leguminosae.

#### 5.2.4 Nascente Bela Rosa

Na nascente Bela Rosa, também conhecida na região como “nascente de seu Manoel Arará”, foi levantada apenas quatro espécies, todas exóticas e de famílias diferenciadas (Tabela 4).

**Tabela 4** – Espécies Florestais presentes na nascente Bela Rosa, Pedras de Fogo, PB

Nome Vulgar	Nome Científico*	Família*	Classificação
Bananeira	<i>Musa spp.</i>	Mysaceae	Exótica
Palmeira imperial	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.L.Cook	Palmae	Exótica
Figo	<i>Ficus benjamini</i> L.	Moraceae	Exótica
Coqueiro	<i>Cocos nucifera</i> L.	Palmaceae	Exótica

\*Fonte: Costa *et al.* (2008).

Verifica-se na Tabela 4 que dentre as famílias de espécies florestais encontradas, estas não diferem muito das encontradas na nascente Cabelão à exceção da Palmae e Palmaceae, enquanto em relação à nascente Cacimba da Rosa nenhuma destas estão presentes na mesma.

É muito preocupante a situação em que a nascente Bela Rosa encontra-se já que, o número de indivíduos na região é bastante restrito e dentre as encontradas todas são exóticas. Não foi verificada a presença de indivíduos nativos no local, o que prejudica a qualidade do solo e, conseqüentemente, da água, da fauna e do ar, e o maior prejuízo deve-se a ausência de espécies arbórea nesta área. Isso afeta não só a nascente propriamente dita, quanto à qualidade e quantidades de seus recursos naturais, e mais, toda a forma de vida presente nesta região, pois, como já citado anteriormente de acordo com o Código Florestal (BRASIL, 1965), ao redor das nascentes são indicadas espécies nativas.

Alguns ambientes são aparentemente mais suscetíveis à invasão do que outros. Algumas hipóteses foram construídas a fim de explicar essas tendências: a) quanto mais reduzida a diversidade natural, a riqueza e as formas de vida de um ecossistema, mais suscetível ele é à invasão por apresentar funções ecológicas que não estão supridas e que podem ser preenchidas por espécies exóticas; b) as espécies exóticas estão livres de competidores, predadores e parasitas, apresentando vantagens competitivas com relação a espécies nativas; c) quanto maior o grau de perturbação de um ecossistema natural, maior o potencial de dispersão e estabelecimento de exóticas, especialmente após a redução da diversidade natural pela extinção de espécies ou exploração excessiva (ZILLER, 2001).

A nascente Bela Rosa é do tipo difusa, com área de várzea, bastante alagadiça, de terreno semi plano, com algumas ondulações e pedregosidade presente nos 0,40 m de

profundidade do solo. A região encontra-se em estágio bastante avançado de degradação, sem nenhuma cobertura florestal, estando o solo exposto a toda ação do meio ambiente.

A Bela Rosa é uma das nascentes localizadas em zona rural, com características de exploração bastante visível, como a retirada da cobertura florestal para a introdução de práticas agrícolas de estrutura familiar, como a cultura da batata doce, inhame, cebola e feijão e, em quase a totalidade da área do seu entorno, a plantação da cana-de-açúcar como base econômica rural, atendendo a demanda das indústrias sucroalcooleiras presentes no município de Pedras de Fogo/PB.

A espécie florestal de nome vulgar figo, por exemplo, localizada ao lado da nascente Bela Rosa é uma das não indicadas à reposição florestal, como busca da recuperação local. O seu sistema radicular se desenvolve de forma agressiva, a sua raiz vai à busca de água onde tiver. É uma planta que desenvolve e propaga-se muito rápido e à medida que novos indivíduos vão surgindo, maior será a necessidade da disponibilidade de água. A sua introdução leva a danos, muitas vezes irreversíveis, como a redução e a qualidade dos recursos hídricos disponíveis.

Através deste diagnóstico nota-se que dentre as nascente em estudo esta será a de maior dificuldade na tentativa de recuperação e posterior regeneração local por apresentar menos espécies e por sua área está bastante comprometida.

### **5.2.5 Nascente Fazendinha**

A nascente Fazendinha também conhecida como nascente do assentamento Fazendinha é a que apresenta o maior número de espécies e a de melhor estado de conservação e preservação quando comparada as demais nascentes em estudo. Nesta nascente foram levantadas 24 espécies, 18 famílias, sendo cinco (5) destas espécies exóticas e as demais nativas (Tabela 5).

Uma das principais características da nascente Fazendinha é a presença de árvores bastante antigas, algumas estimadas com idade superior a 100 anos, por isso foi tomada como referência devido ao estado em que a vegetação local se encontra. É uma nascente teoricamente conservada em termos florestais, porém, parcialmente preservada, pois já existem muitos vestígios de degradação ambiental pelo uso antrópico, como por exemplo, a lavagem de roupas diretamente na nascente e a presença do lixo doméstico nas suas proximidades.

**Tabela 5** – Espécies Florestais presentes na nascente Fazendinha, Pedras de Fogo, PB

Nome Vulgar	Nome Científico*	Família*	Classificação
Dendê	<i>Elaeis guineensis</i> L.	Arecaceae	Exótica
Jaqueira	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam.	Moraceae	Exótica
Imbaúba ou Embaúba	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	Cecropiaceae	Nativa
Cupiúba	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl	Anacardiaceae	Nativa
Mangueira	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	Exótica
Ingá roxo ou Ingá ou Ingá cabeludo, entre outros	<i>Ingá</i> sp.	Mimosaceae	Nativa
Pau d' Arco roxo ou Ipê roxo	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. ex DC.) Standl	Bignoniaceae	Nativa
Ingá branco	<i>Inga laurina</i> (SW.) Willd	Leguminosae	Nativa
Craibeira ou Caraibeira ou Caibeira	<i>Tabebuia caraíba</i> (Mart.) Bur.	Bignoniaceae	Exótica
Bordão de velho	<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J.W.Grimes	Fabaceae-Mimosoideae	Nativa
Sete cascos	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott ex. Spreng	Anacardiaceae	Nativa
Caboatã lisa ou leiteiro-branco	<i>Trichilia lepidota</i> Mart.	Meliaceae	Nativa
Caboatã de rego	<i>Cupania racemosa</i> Radlk.	Sapindaceae	Nativa
Genipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	Nativa
Louro branco ou Louro prata	<i>Ocotea guianensis</i> Aublet.	Lauraceae	Nativa
Juá ou Juazeiro	<i>Zizyphus joazeiro</i> Mart.	Rhamnaceae	Nativa
Mão de vaca ou Pata de vaca ou Mororó, etc	<i>Bauhinia forficata</i> Link.	Caesalpinaceae	Nativa
Sambaquim	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Mag. Stey. & Frodin	Araliaceae	Nativa
Quiri	<i>Brosimum guianense</i> Huber ex Ducke	Moraceae	Nativa
Cocão	<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers	Euphorbiaceae-Pogonophora	Nativa
Sapucaia ou Sapucaia vermelha	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Lecythidaceae	Nativa
Visgueira	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. Ex Walp.	Fabaceae-Mimosoideae	Nativa
Castanhola (Coração de Negro)	<i>Zollernia latifolia</i> Benth.	Fabaceae-Papilionoideae	Exótica
Embiriba ou Imbiriba ou Biriba	<i>Eschweilera ovata</i> (Cambiss.) Miers.	Lecythidaceae	Nativa

\*Fonte: Costa *et al.* (2008).

É uma região em que a serrapilheira faz parte do ambiente, o que reveste superficialmente o solo, sendo esta a principal via de retorno de nutrientes ao solo,

favorecendo, então, o estabelecimento e desenvolvimento da vegetação. O terreno da nascente Fazendinha apresenta-se bastante declivoso, com pedregosidade presente logo abaixo da superfície do solo ( $< 0,20$  m), com presença bastante acentuada de bromélias nas árvores mais antigas. A nascente Fazendinha é a única que não precisa introduzir espécies como forma de recuperar a região em estudo. No entanto, é preciso, buscar medidas de conservação, já que a degradação ambiental é um fato presente.

Uma das formas de manter esta nascente conservada é a retirada de alguns indivíduos da espécie conhecida popularmente como dendê, já que esta é muito agressiva ao meio a qual insere-se, cujas características já foram citadas anteriormente. Além disso, suas copas são bastante espessas, sombreando muita a área, desfavorecendo o desenvolvimento das espécies pioneiras que necessitam de luz para se desenvolver. Outra medida importante é tentar conscientizar a população quanto à importância da vegetação para a preservação dos recursos hídricos, de modo que a exploração inadequada seja interrompida ou amenizada.

Relacionado-se às famílias presentes na nascente Fazendinha houve variações bastante distintas quando comparada com as demais nascentes em estudo, têm-se: Mimosaceae, Meliaceae, Sapindaceae, Lauraceae, Rhamnaceae, Caesalpinaceae, Araliaceae, Euphorbiaceae - Pogonophora, Lecythidaceae, Fabaceae – Papilionoideae, Arecaceae, Moraceae, Bignoniaceae, Moraceae, Cecropiaceae, Anacardiaceae, Mimosaceae, Leguminosae, Fabaceae – Mimosoideae e Rubiaceae.

### **5.3 Atributos do solo**

#### **5.3.1 Análise química do solo**

As propriedades químicas em estudo foram interpretadas, resultando, quando necessário, na sugestão de adubação para a área em estudo.

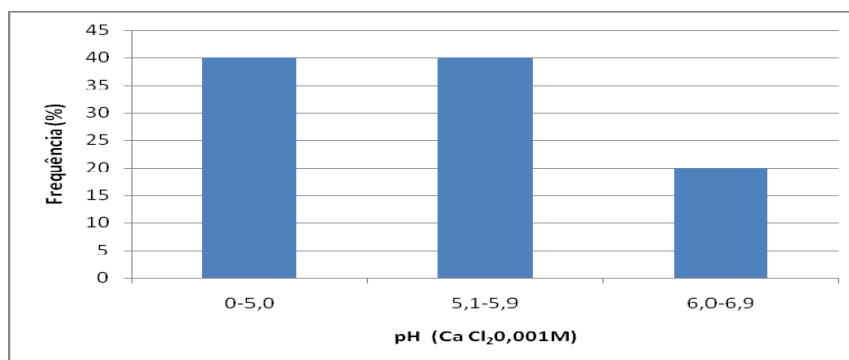
#### **● pH**

De acordo Paraíba (1997), os níveis de acidez ativa das amostras de solo analisadas encontram-se altos ( $\text{pH} < 5$ ) nas nascentes Bela Rosa e Nova Aurora representando 40% dos solos analisados, sendo que as nascentes Cacimba da Rosa e Fazendinha referente também a 40% das amostras apresentam acidez média ( $\text{pH} 5,1 - 5,9$ ), enquanto que a nascente Cabelão

apresenta acidez baixa (pH 6,0 - 6,9) referente a 20% dos solos analisados, como mostra a Tabela 6 e a Figura 26.

**Tabela 6** – Valores de pH no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	Classificação do PH				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
0-0,20	6,3 Acidez baixa	5,4 Acidez média	4,5 Acidez alta	4,5 Acidez alta	5,4 Acidez média
0,20-0,40	6,6 Acidez baixa	5,3 Acidez média	4,2 Acidez alta	4,2 Acidez alta	5,0 Acidez média



**Figura 26** – Distribuição da frequência (%) do pH no solo nas nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.

As consequências da acidez dos solos para as culturas são variadas e contribuem para a baixa produtividade das mesmas. O pH controla a solubilidade dos nutrientes do solo, exercendo considerável influência sobre a absorção dos mesmos pela planta. A velocidade da mineralização do N é severamente reduzida em pH inferior a 6,0. Para o P quando a acidez é alta, em virtude da presença de quantidades elevadas de Fe, de Al e de outros cátions de metais pesados, formam-se fosfatos insolúveis desses elementos (RAIJ, 1991).

A acidez alta, também diminui a população de microorganismos que decompõem a matéria orgânica e auxiliam na liberação do nitrogênio, fósforo e enxofre. O pH baixo reduz a agregação das partículas em solos argilosos, causando baixa permeabilidade e aeração.

Nota-se então que a região é composta por solos ácidos, que são decorrentes da degradação local, dificultando o estabelecimento da vegetação. Más, dentre as nascentes analisadas, a Nova Aurora e Bela Rosa são as que apresentam solos mais ácidos, necessitando de calagem, com intuito de corrigir o solo, e assim melhorar os atributos químicos do solo.

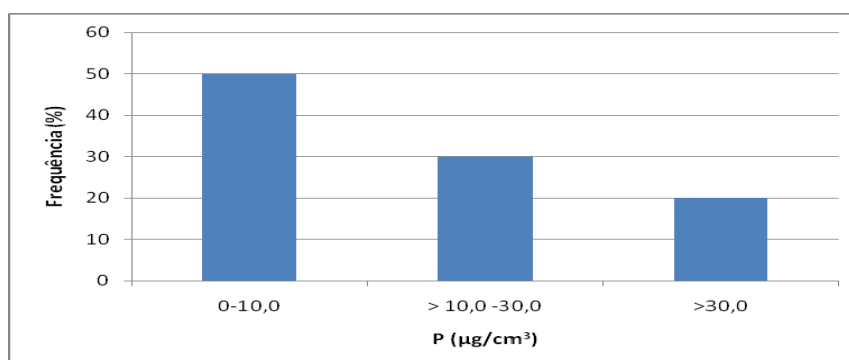
● Fósforo (P)

Relacionado à quantidade de P da nascente Cabelão foram encontrados teores expressivos quando comparado com as demais nascentes em estudo. A profundidade 0,20 m foi a que chamou mais atenção, por obter um valor altíssimo de fósforo ( $103,69 \mu\text{g.cm}^{-3}$ ) e isto se deve ao fato de ser uma área bastante contaminada por parte da população, que polui a nascente jogando lixo doméstico na superfície do solo. Na nascente Cacimba da Rosa os teores P variaram nas duas profundidades, com médios na camada superficial do solo e baixos na camada mais profunda. Já as nascentes Bela Rosa e Nova Aurora apresentaram baixos valores de fósforo, enquanto que na nascente Fazendinha foram encontrados teores moderados de P (Tabela 7).

**Tabela 7** – Valores de P no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	P ( $\mu\text{g.cm}^{-3}$ )				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
0-0,20	103,69 Altíssimo	13,95 Médio	5,04 Baixo	4,73 Baixo	16,26 Médio
0,20-0,40	35,22 Alto	9,51 Baixo	4,53 Baixo	2,80 Baixo	10,42 Médio

Segundo Paraíba (1997), os valores de fósforo variaram de baixo a altíssimo. A maior frequência, 50% das amostras de solo, encontra-se com baixos ( $0 - 10 \mu\text{g.cm}^{-3}$ ) níveis de P. Para níveis médios ( $> 10 - 30 \mu\text{g.cm}^{-3}$ ) a frequência das amostras foi de 30%. Enquanto que para os valores considerados altos e altíssimos ( $> 30 \mu\text{g.cm}^{-3}$ ) a frequência foi de 20% (Figura 27).



**Figura 27** – Distribuição da frequência (%) dos teores de P no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.



A deficiência de P é um dos principais fatores que afeta a fertilidade dos solos e limita a produção agrícola em solos ácidos. Os teores de P obtidos nas amostras analisadas da região em estudo estão na sua maioria baixos, podendo assim dizer que é um dos elementos que mais limita a produtividade das culturas nessa região. E para os teores considerados altos, como é o caso da nascente Cabelão recomenda-se a realização da adubação de manutenção, que considera as quantidades extraídas pela colheita e mau uso do solo acrescidas das perdas do sistema.

De acordo com Malavolta (1989), 75% dos solos brasileiros têm teores baixos de fósforo e, entre os nutrientes N, P e K, o P é o mais usado em adubação no Brasil (RAIJ, 1991). Explica-se esta situação pela carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros e, também, porque o elemento tem forte interação com o solo.

- Cálcio (Ca)

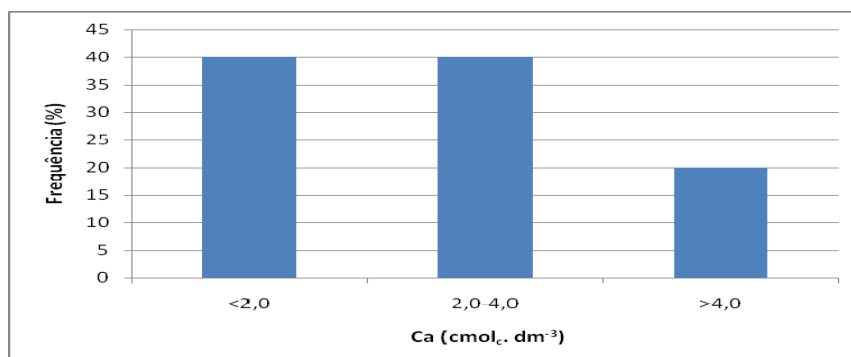
Na nascente Cabelão o teor de Ca variou nas duas profundidades de coleta de solo, sendo considerado moderado na superfície e alto na camada mais profunda do solo. Já na Cacimba da Rosa e Nova Aurora os baixos valores de Ca estão presentes no solo destas regiões. Já na nascente Fazendinha foram encontrados altos e médios valores de cálcio (Tabela 8).

**Tabela 8** – Valores de Ca no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	Ca (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
<b>0-0,20</b>	3,67 Médio	2,43 Médio	1,23 Baixo	1,57 Baixo	5,06 Alto
<b>0,20-0,40</b>	4,67 Alto	2,47 Médio	0,83 Baixo	1,10 Baixo	3,60 Médio

Segundo a classificação proposta por sugestões de adubação para o estado da Paraíba (PARAÍBA, 1997), os níveis de Ca no solo encontram-se com valores baixos (< 2,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>) e médios (2,0 – 4,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), com cerca de 40% para ambos os níveis. A frequência de amostras que apresentam valores altos (> 4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>) corresponde a 20% (Figura 28). Nesses solos há redução da acidez do solo, melhorando assim o crescimento das

raízes, diminuindo a toxidez do alumínio (Al), cobre (Cu) e manganês (Mn). As plantas então resistem melhor à toxidez destes elementos



**Figura 28** - Distribuição da frequência (%) dos teores de Ca no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.

Solos de regiões quentes e úmidas como o caso da área em estudo apresentam geralmente baixos teores de Ca, enquanto que para regiões áridas os solos geralmente apresentam altos teores de Ca, qualquer que seja a textura. É o resultado da baixa precipitação e pequena lavagem a que estão sujeitos (MELLO, 1983).

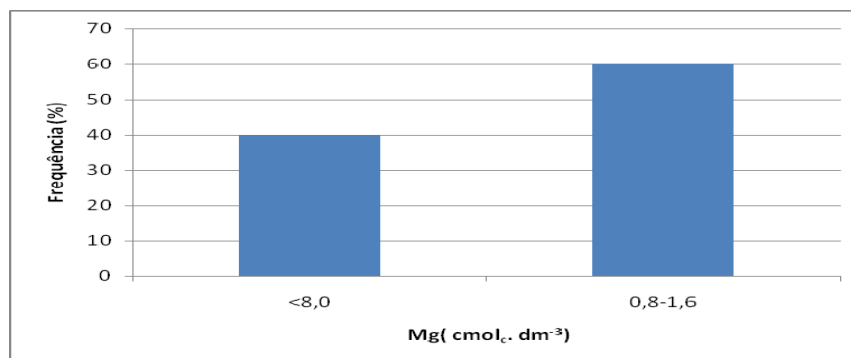
#### ● Magnésio (Mg)

Nas nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa e Fazendinha foram encontrados teores moderados de Mg. Já nas nascentes Bela Rosa e Nova Aurora os teores de Mg foram considerado baixos nas duas profundidades (Tabela 9).

**Tabela 9** – Valores de Mg no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	Mg( cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
<b>0-0,20</b>	1,30 Médio	1,03 Médio	0,50 Baixo	0,73 Baixo	1,60 Médio
<b>0,20-0,40</b>	1,17 Médio	1,03 Médio	0,37 Baixo	0,50 Baixo	1,47 Médio

De acordo com Paraíba (1997), os níveis de Mg encontram-se médios (0,8 - 1,6 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>) na maioria das amostras representando 60% das análises, restando 40% a níveis baixo (< 0,8 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), o qual poderá ser melhor analisado na Figura 29.



**Figura 29** – Distribuição da frequência (%) dos teores de Mg no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.

O magnésio (Mg) apresenta teores menores do que o cálcio porque sendo mais solúvel está sujeito, às perdas por lixiviação e, mesmo exercendo pouca influência sobre as condições de solo, no que diz respeito às plantas, o Mg é de importância decisiva devido a sua condição de elemento essencial (nutriente). Além disso, tem-se verificado um efeito favorável desse cátion sobre a absorção do fósforo, natural do solo ou de fertilizantes (MELLO, 1983).

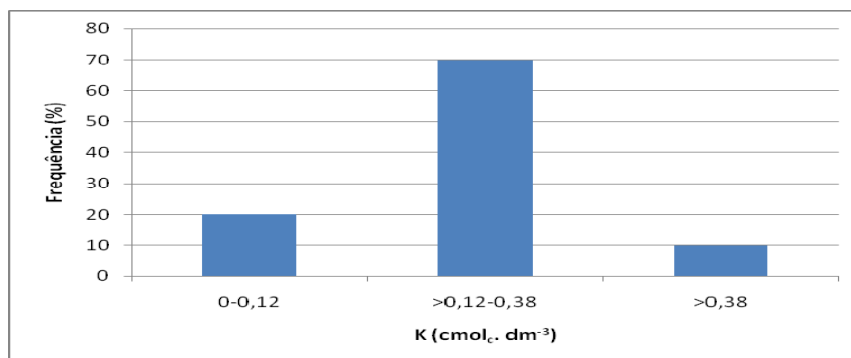
#### ● Potássio (K)

Referente aos teores K, quantidades moderadas fazem parte da constituição do solo da nascente Cabelão e Fazendinha, enquanto que na Cacimba da Rosa o potássio variou nas duas profundidades. Já nas nascentes Bela Rosa e Nova Aurora foram encontrados teores de potássio baixos e médios (Tabela 10).

**Tabela 10** – Valores de K no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	K (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
<b>0-0,20</b>	0,22 Médio	0,39 Alto	0,17 Médio	0,09 Baixo	0,35 Médio
<b>0,20-0,40</b>	0,16 Médio	0,21 Médio	0,08 Baixo	0,05 Médio	0,36 Médio

Segundo a classificação proposta por sugestões de adubação para o estado da Paraíba (PARAÍBA, 1997), a maior proporção das amostras 70% possui moderados teores de K (> 0,12 - 0,38 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), seguidas de 20% que apresentam teores baixos (0 - 0,12 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>) e 10% de teores altos (> 0,38 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>), conforme mostrado na Figura 30.



**Figura 30** – Distribuição da frequência (%) dos teores de K no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.

Para teores baixos de K, recomenda-se a realização da adubação de manutenção, que considera as quantidades extraídas pela colheita e mau uso do solo acrescidas das perdas do sistema.

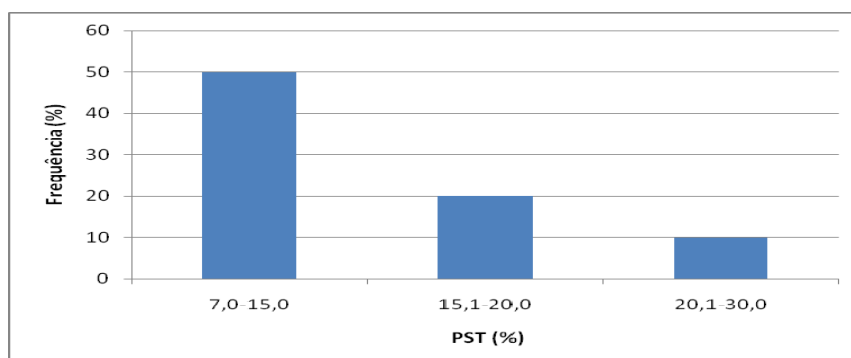
- Sódio (Na)

Segundo a classificação proposta por Velasco (1981) os teores de Na do solo é dada a partir da Percentagem de Sódio Trocável (PST), o qual o solo das nascentes, Cabelão e Cacimba da Rosa variam de moderadamente (15,1 - 20,0%) a levemente (7,0 - 15,0%) sódico, enquanto que a Bela Rosa os solos da camada superficial não são característicos de solos sódicos e a camada mais profunda apresenta-se como muito sódico (20,1 - 30,0%). Já na nascente Nova Aurora os solos dos primeiros 0,20 m apresentam-se como levemente sódicos e os 0,40 m como não sódicos. Referente à nascente Fazendinha os solos são levemente sódicos (Tabela 11).

**Tabela 11** – Valores de PST no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	PST (%)				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
<b>0-0,20</b>	16,50 Moderadamente sódico	17,73 Moderadamente sódico	10,04 Levemente sódico	3,56 Não sódico	9,31 Levemente sódico
<b>0,20-0,40</b>	13,36 Levemente sódico	9,61 Levemente sódico	6,90 Não sódico	27,53 Muito sódico	8,95 Levemente sódico

Pode-se afirmar que 50% das amostras de solos são levemente sódicos; 20% moderadamente sódicos, 10% muito sódicos e 20% não são característicos de solo sódicos, podendo-se inferir que as amostras onde os solos apresentam-se muito sódicos não são derivadas de perímetros irrigados (Figura 31).



**Figura 31** – Distribuição da frequência (%) do PST no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.

A maior atenção deve ser dada aos solos nos quais o acúmulo de sódio é muito excessivo, provocando sérios problemas de dispersão do solo, com deterioração da estrutura e, conseqüentemente, das propriedades de infiltração de água e aeração. Isto afeta o crescimento vegetal, sendo necessária, a realização de uma lavagem do solo ou uso de um corretivo, melhorando desta forma a recuperação da composição química do mesmo (VELASCO, 1981).

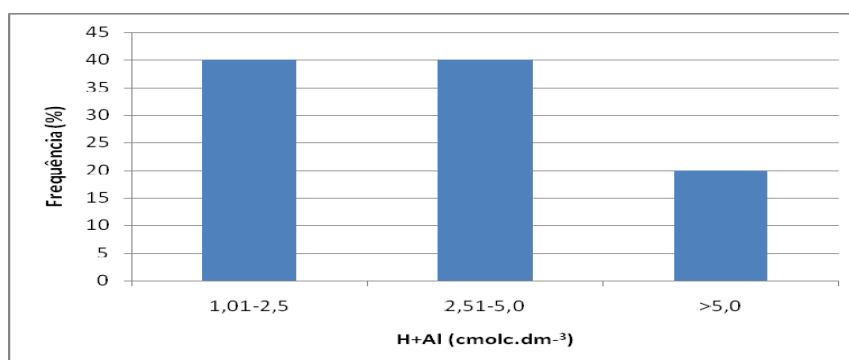
Outro fator importante é sobre a deficiência de sódio (Na) onde esta aumenta a saturação dos sítios de troca do solo ocupados pelo cálcio, magnésio e potássio, aumentando também a permeabilidade das membranas das células nas raízes em relação à água e, portanto, um acréscimo na velocidade de sua entrada na planta, com isso aumenta a agregação da terra, amolece o solo e diminui a impermeabilidade (VELASCO, 1981).

#### ● Acidez Potencial do Solo (H+Al)

De acordo com Paraíba (1997), os níveis de H+Al encontram-se baixos (1,01 - 2,5 cmolc.dm<sup>-3</sup>) e médios (2,51 - 5,0 cmolc.dm<sup>-3</sup>) na maioria das análises, representando 40% para ambos os níveis, restando 20% do universo das amostras com valores altos (> 5,0 cmolc.dm<sup>-3</sup>) de H+Al, conforme mostrado na Tabela 12 e Figura 32.

**Tabela 12** – Valores de H+Al do Solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	H+Al (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
<b>0-0,20</b>	1,40 Baixo	2,03 Baixo	2,76 Médio	8,43 Alto	2,43 Baixo
<b>0,20-0,40</b>	1,13 Baixo	3,33 Médio	2,90 Médio	10,20 Alto	4,23 Médio



**Figura 32** – Distribuição da frequência (%) de H+Al do Solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.

Quando a acidez trocável (H+Al) for considerada baixa, não haverá toxidez de alumínio, o que é o caso de alguns dos solos da área em estudo que tendem a apresentar baixa concentração de alumínio trocável. Esse fato é atribuído a degradação local a qual a região encontra-se, resultando em menor concentração de monômeros e polímeros de Al na solução do solo.

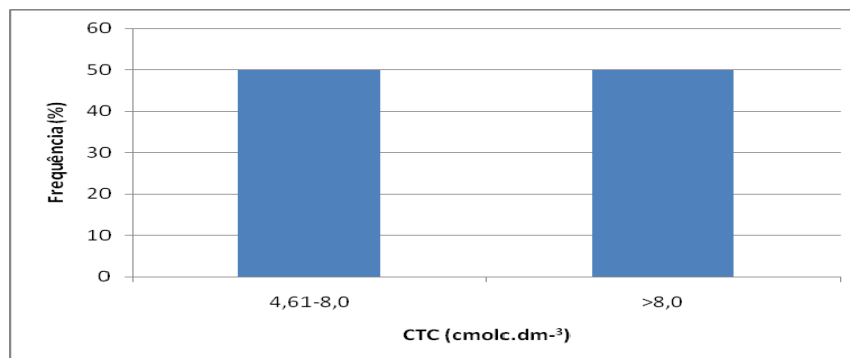
- Capacidade de Troca de Cátions (CTC ou T)

Referente à Capacidade de Troca de Cátions a única nascente que variou os valores em suas profundidades foi à nascente Cabelão, sendo considerada boa nos primeiros 0,20 m e muito boa na camada mais profunda do solo (0,20 – 0,40 m). Já as nascentes Cacimba da Rosa e Nova Aurora, a CTC foi considerada boa e nas nascentes Bela Rosa e Fazendinha, muito boa em ambas as profundidades (Tabela 13).

**Tabela 13** - Valores da CTC no solo das Nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Bela Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	CTC (cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> )				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
0-0,20	7,88 Bom	7,16 Bom	5,18 Bom	11,23 Muito bom	10,42 Muito bom
0,20-0,40	8,23 Muito bom	7,80 Bom	4,49 Bom	12,17 Muito bom	10,61 Muito bom

Tomando-se como referência a classificação dos valores de CTC propostos pela CFSEMG (1999), cerca de 50% das amostras possuem níveis de CTC bom (4,61 - 8,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>) e os outros 50% possuem valores > 8,0 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, considerados muito bom (Figura 33).



**Figura 33** – Distribuição da frequência (%) da CTC no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.

Relacionado aos níveis da CTC, percebe-se que bons valores foram encontrados em todas as nascentes, não afetando o solo da região, pois, altos valores destes, retêm os cátions (Al, H, Ca, Mg e K) o qual afeta a textura, a quantidade e tipo de argila e o teor de matéria orgânica do solo destas.

- Saturação por bases (% V)

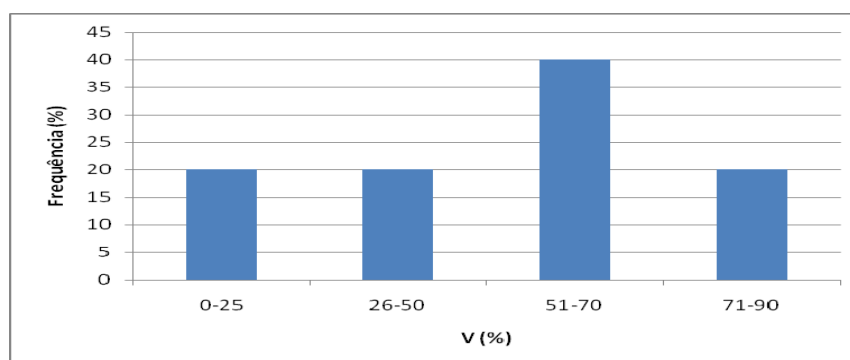
Segundo a classificação proposta por Ribeiro *et al.*, (1999) os valores encontrados para V variaram em todas as nascentes, desde muito baixo a alto (Tabela 14).

**Tabela 14** – Valores de V no solo das Nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	V (%)				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
0-0,20	82,13 Alto	62,23 Médio	48,00 Baixo	24,13 Muito baixo	77,00 Médio
0,20-0,40	86,00 Alto	55,30 Médio	35,53 Baixo	16,70 Muito baixo	62,47 Médio

Na nascente Cabelão altos teores de V (71 a 90%) estão presentes no solo desta região, não havendo, então, deficiência de potássio, cálcio, magnésio e sódio. Já nas nascentes, Cacimba da Rosa e Fazendinha foram encontrados teores médios e suficientes de saturação por bases (51 a 70%), o qual favorece a qualidade do solo e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas. Referente à nascente Nova Aurora baixos (26 - 50%) e na Bela Rosa muito baixos (0 - 25%) teores de V fazem parte da constituição química dos solos destas regiões.

A saturação por bases (% V) em sua maioria encontra-se em níveis classificados como médios (40%). Os valores baixos foram obtidos em 20% das amostras e valores considerados muito baixos e altos foram obtidos também em 20% para ambos os níveis (Figura 34).



**Figura 34** – Distribuição da frequência (%) de V no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.

#### ● Matéria orgânica (M.O.)

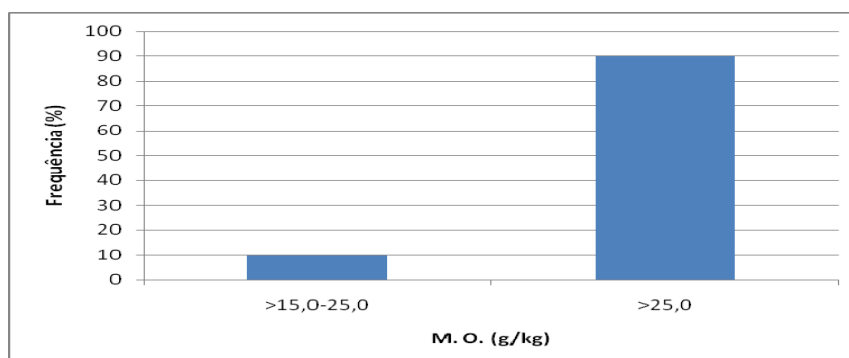
Segundo a classificação proposta por sugestões de adubação para o estado da Paraíba (PARAÍBA, 1997), em geral, os índices de matéria orgânica das nascentes foram considerados altos ( $> 25 \text{ g.kg}^{-1}$ ), a exceção da nascente Nova Aurora de 0,20-0,40 cm que obteve um valor médio ( $> 15 - 25 \text{ g.kg}^{-1}$ ) de M.O. (Tabela 15).



**Tabela 15** – Valores da M.O. no solo das Nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	M.O. (g.kg <sup>-1</sup> )				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
0-0,20	46,4 Alto	53,7 Alto	36,6 Alto	31,8 Alto	88,9 Alto
0,20-0,40	53,1 Alto	38,8 Alto	58,1 Alto	22,6 Médio	60,6 Alto

O alto conteúdo de M.O. encontrado na maioria das nascentes representando 90% das amostras, não são benéficos às plantas, pois, dificulta o desenvolvimento e estabelecimento das mesmas nestas regiões (SANTOS & CAMARGO, 1999). Este alto índice deve-se ao fato de seus solos se apresentarem úmidos na maior parte do ano e está coberto por vegetais, seja árvores, arbustos ou gramíneas, que adicionam matéria orgânica ao solo. Já, apenas 10% obtiveram índices médios de M.O., sendo este o adequado ao desenvolvimento e estabelecimento das plantas (Figura 35).



**Figura 35** – Distribuição da frequência (%) da M.O. no solo das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha.

Os valores altos de M.O. nas nascentes Cabelão, Nova Aurora e Fazendinha é devido a existência da vegetação local como algumas espécies arbóreas e arbustivas, gramíneas, capoeiras, entre outras. Já as nascentes, Cacimba da Rosa e Bela Rosa, na profundidade de coleta de 0-0,20 m, também obtiveram altos valores de matéria orgânica apesar de serem áreas bastante degradadas, quase sem a presença de cobertura florestal, mas com alguns vestígios de vegetação, como gramíneas, capoeiras e algumas árvores.

### 5.3.2 Análise física do solo

#### 5.3.2.1 Classificação textural

A Tabela 16 apresenta os dados referentes à classificação textural dos solos das cinco nascentes em estudo.

**Tabela 16** – Classificação textural dos solos das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Nascente	Profundidade (m)	Granulometria (g.kg <sup>-1</sup> )			Classificação textural
		Areia	Silte	Argila	
Cabelão	0-0,20	846,66	93,33	60,00	Areia franca
	0,20-0,40	826,66	106,66	66,66	Areia franca
Cacimba da Rosa	0-0,20	760,00	146,66	93,33	Areia franca
	0,20-0,40	746,66	140,00	113,33	Areia franca
Nova Aurora	0-0,20	793,33	100,00	106,66	Areia franca
	0,20-0,40	713,33	146,66	140,00	Franco arenoso
Bela Rosa	0-0,20	746,66	146,66	106,66	Franco arenoso
	0,20-0,40	760,00	120,00	120,00	Franco arenoso
Fazendinha	0-0,20	786,66	120,00	93,33	Areia franca
	0,20-0,40	726,66	140,00	133,33	Franco arenoso

Pelos resultados obtidos, verifica-se que os solos das nascentes Cabelão e Cacimba da Rosa foram classificados como areia franca e na nascente Bela Rosa, como franco arenoso, não variando estas em nenhuma das profundidades analisadas. Já nos solos das nascentes Nova Aurora e Fazendinha houve variações na classificação textural para as duas profundidades de coleta. Para a profundidade de 0-0,20 m, os solos destas duas nascentes foram classificados com areia franca e para a profundidade de 0,20-0,40 m, como franco arenoso.

Assim, verifica-se de uma maneira geral, em todas as nascentes estudadas, há uma predominância de solos arenosos. Pode-se dizer, portanto, que esses solos caracterizam-se por terem uma alta macroporosidade, o que implica em uma intensa percolação d'água, baixa retenção e elevada lixiviação de bases trocáveis (Ca, Mg, K), resultando em solos menos férteis. Durante a prática de irrigação, por exemplo, recomenda-se para tipos de solos como esses, reduzir o turno de rega para elevar a eficiência no uso da água.

### 5.3.2.2 Densidade do solo (Ds)

Os valores determinados em laboratório de Ds estão apresentados na Tabela 17.

**Tabela 17** – Valores da Ds das nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha

Profundidade (m)	Valores de Ds (g.cm <sup>-3</sup> )				
	Cabelão	Cacimba da Rosa	Nova Aurora	Bela Rosa	Fazendinha
<b>0-0,20</b>	1,03	1,00	1,05	1,11	1,03
<b>0,20-0,40</b>	1,03	1,03	1,04	1,13	1,04

Verifica-se pela Tabela 17 que os valores de Ds nas profundidades de coleta nas cinco nascentes estudadas estão dentro do intervalo, que varia de 0,9 a 1,8 g.cm<sup>-3</sup>, o que caracteriza um solo mais estruturado e com maior teor de matéria orgânica.

Os valores de Ds são importantes, entre outros objetivos, para a quantificação de água a ser aplicada em agricultura irrigada.

Como a densidade do solo depende da porosidade, variando também com a textura e o teor do solo em matéria orgânica, mesmo a Ds sendo considerada adequada, onde boas quantidades de matéria orgânica estão presentes, estes são solos arenosos, o que apresentam poros grandes (macroporos) pelos quais a água e o ar circulam com relativa facilidade. Por isso nos solos arenosos em geral o escoamento de água através dos poros costumam ser rápido e eles secam rápido após as chuvas ou a irrigação. Nesse escoamento, a água pode levar consideravelmente sais minerais, contribuindo para tornar o solo pobre desses nutrientes.

Desta forma, a existência da areia em maior proporção, facilita os trabalhos de mobilização do solo, a penetração de raízes e o arejamento, não retendo assim, os nutrientes nem a água necessária ao estabelecimento e desenvolvimento das plantas.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A bacia hidrográfica do rio Gramame, PB, no seu alto curso pode ser considerada como problemática, devido ao processo de ocupação do solo, do avanço da urbanização de forma desordenada, da agricultura e do criatório de animais sem acompanhamento técnico, principalmente, nas imediações das nascentes em estudo o que inviabiliza a produção adequada de água nessas, que por sua vez, irão formar os rios e lagos para abastecimento humano e animal. Porém, um modo geral, a agricultura e a devastação florestal dominam a paisagem, observando-se raros fragmentos de Mata Atlântica ainda preservados.

Todos esses fatores (problemas) podem alterar a qualidade dos recursos hídricos, principalmente nas proximidades das nascentes, notadamente com referência ao uso e ocupação do solo como a retirada da vegetação nativa, degradação das matas ciliares e ao lançamento de efluentes industriais e domésticos.

Assim, neste trabalho estão contidos alguns resultados que podem ser utilizados por gestores públicos e tomadores de decisão para a execução de programas institucionais de políticas públicas e para conscientização das populações rurais e urbanas, quanto à importância dos serviços ambientais produzidos com a restauração e preservação de nascentes, aliada ao manejo agrícola sustentável na bacia hidrográfica.

No entanto, torna-se necessário a continuação do monitoramento das nascentes por um período maior, a fim de avaliar o comportamento dos parâmetros analisados e a permanência dos mesmos dentro dos limites estabelecidos pela legislação em vigor no Brasil, instituída no código florestal (BRASIL, 1965).

Pelo diagnóstico florestal realizado nas áreas do entorno das cinco nascentes estudadas verifica-se, que apesar da degradação ambiental na região, o número de espécies nativas ainda existentes supera as espécies exóticas. Exceção ocorre na nascente Bela Rosa que só existem essências florestais exóticas.

Nas nascentes Cabelão e Nova Aurora são necessários o enriquecimento da cobertura florestal, já que estas são áreas com estágio intermediário de perturbações, que mantém algumas das características bióticas e abióticas das formações ciliares típicas daquela condição, situação de áreas cuja floresta original foi degradada pela ação antrópica, ocupada por capoeiras, com domínio de espécies dos estágios iniciais de sucessão. Como a região das nascentes Cacimba da Rosa e Bela Rosa são áreas bastante perturbadas que não conservam nenhuma das características bióticas das formações florestais ciliares originais, pois foram

substituídas por atividades agropastoris é necessário implantar espécies florestais, como forma da escolha do sistema de reflorestamento. Já na nascente Fazendinha a escolha do sistema de reflorestamento a ser utilizado nesta região é de recuperação natural, pois é uma área pouco perturbada que retém a maioria das características bióticas e abióticas das formações florestais típicas da área, onde deve ser isolada dos possíveis fatores de perturbações para que os processos naturais de sucessão possam atuar.

Relativo aos atributos químicos, nas nascentes Cabelão e Cacimba da Rosa os solos apresentaram pH adequado e na Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha a acidez encontra-se alta, necessitando de calagem. Quanto ao teor de P, este foi elevado na nascente Cabelão, médio na Cacimba da Rosa e baixos nas outras duas nascentes. Os teores de K foram considerados médios nos solos das nascentes Cabelão e Fazendinha e variáveis nas demais nascentes. A saturação por bases é preocupante nas nascentes Bela Rosa e Nova Aurora, necessitando deve-se elevá-la para 85%, através da calagem e adição de K. Já a concentração de M.O. foi alta em todos os solos e camadas, exceto de 0,20-0,40 m na nascente Bela Rosa, que foi médio.

Referente às análises físicas conclui-se que os solos apresentam textura arenosa, caracterizando-se por uma alta macroporosidade, o que implica numa intensa percolação d'água, baixa retenção e elevada lixiviação de bases trocáveis (Ca, Mg, K) no solo, resultando em solos menos férteis e susceptíveis à erosão.

## 7 RECOMENDAÇÕES

### 7.1 Proposta de restauração florestal de áreas de nascentes na bacia hidrográfica do alto curso rio Gramame

A primeira medida de restauração a ser colocada em prática é que nas cinco nascentes estudadas (Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora, Bela Rosa e Fazendinha) é recomendado isolar (cercar) a área em um raio de 50 m, pois segundo a Lei Federal 4.771/65, que institui o Código Florestal (BRASIL, 1965), alterada pela Lei 7.803/89 e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, *“Consideram-se de preservação permanente, pelo efeito de Lei, as áreas situadas nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, devendo ter um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura”*, a fim de se proibir todo e qualquer tipo de uso dessas áreas.

Desta forma, as nascentes não estarão sujeitas a prováveis erosões, como por exemplo, num cultivo mal planejado, onde esta ficará sujeita à erosão. Este isolamento impede também que as atividades agrícolas de preparo do solo, adubação, plantio, cultivos, colheita e transporte dos produtos levem trabalhadores, máquinas e animais de tração para o local, contaminando física, biológica e quimicamente a água.

A proibição desses animais e pasto evita a compactação da superfície do solo, devido ao pisoteio constante. Com isso, favorece sua capacidade de infiltração, não ficando sujeito à erosão laminar e, conseqüentemente, evitando não só a contaminação da água por partículas do solo, turvando-a, como também, e o que é pior, evita até mesmo o soterramento da nascente. Assim, o pasto e esses animais devem ser afastados, no máximo, da nascente, pois, mesmo que não tenham livre acesso à água, seus dejetos contaminam o terreno e, nos períodos de chuvas, acabam por contaminar a água do lençol freático. Essa contaminação pode provocar o aumento da matéria orgânica na água, o que acarretaria o desenvolvimento exagerado de algas, bem como a contaminação por organismos patogênicos que infestam os animais e podem atingir o homem. Dentre, essas doenças que podem contaminar o homem, tendo como veículo a água contaminada, têm-se a tuberculose bovina, a brucelose, a aftosa, entre outras (DAKER, 1976).

Relacionado à distribuição correta, ou seja, com os animais distanciados, podem ser aplicadas duas ações: 1) desenvolver um programa de manejo de pastoreio para se evitar a

compactação exagerada do solo da área do pasto; e, 2) providenciar bebedouros para os animais.

Outra medida, a ser tomada, em busca da recuperação local, é afastar das nascentes em estudo, a cultura de maior utilização de produtos químicos, a fim de evitar que nas épocas das chuvas esses poluidores desçam com as enxurradas para as nascentes ou se infiltrem no solo atingindo mais facilmente o lençol freático.

Referente às espécies a serem introduzidas nas nascentes, percebe-se que apenas a nascente Fazendinha é a única que não necessitará de reposição florestal, já que esta é a mais conservada das demais nascentes em estudo, precisando apenas de medidas conservacionistas, como busca da preservação local.

Já nas nascentes, Cabelão, Cacimba da Rosa, Nova Aurora e Bela Rosa são necessárias que reponha a vegetação com espécies nativas, pois de acordo com o Código Florestal brasileiro (BRASIL, 1965), ao redor das nascentes são indicadas espécies nativas de forma natural, bem como, quanto à recuperação desta na forma de replantio. E dentre as espécies nativas a serem introduzidas dar-se-á preferência as citadas no diagnóstico florestal, item 5.2 deste trabalho, colocando tanto espécies arbóreas quanto arbustivas, sob manejo adequado. Além disto, é interessante consorciar também espécies frutíferas adaptáveis as condições ambientais de cada nascente, o qual poderá ser melhor analisado nesse mesmo item.

Após os cinquenta metros de isolamento são recomendáveis algumas propostas de restauração na tentativa de recuperar a região de cada nascente em estudo, como: a introdução de gramíneas com função de proteção contra desagregação do solo e carreamento de partículas, a exemplo do capim sândalo; frutíferas de utilização econômica, com senso conservacionista (araçá); cultivos agrícolas anuais (feijão, inhame, batata doce) com práticas conservacionistas e introduzir espécies nativas nas encostas, tema devidamente regulamentado pela Resolução CONAMA, nº 303 de março de 2002, aumentando assim a infiltração e diminuindo a erosão.

Dentre outras medidas a serem tomadas na tentativa de restaurar as nascentes que estão sendo analisadas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, têm-se o plantio e a manutenção, os quais seguem os critérios abaixo:

1- Preparo do terreno: na área onde será realizado o plantio, deve ser executada a limpeza do terreno facilitando assim a entrada da equipe de trabalho e também protegendo as mudas. Faz-

se uma roçada para eliminar as plantas daninhas, preservando as espécies de interesse e retirando os entulhos que estejam dentro da área;

2- Combate às formigas: como as formigas desfolham e matam as mudas, deve-se eliminar os olheiros das formigas. Pode-se usar a isca granulada, que seja pouco tóxica e de fácil aplicação, para combater as formigas cortadeiras (saúvas). Devem ser colocadas 10 g de isca em pequenos sacos plásticos e distribuídas nos carreiros das formigas a cada 1,0 m<sup>2</sup> de terra. Isso deverá ser realizado, preferencialmente, em épocas de seca. De modo geral, recomenda-se que seja eliminado tudo que possa contribuir para a formação de terra solta próxima à nascente;

3- Abertura e marcação das covas: as covas de plantio de essências florestais deverão ser marcadas e abertas em linha à distância de 3,0 m uma da outra; entre as covas a distância poderá ser de 2,0 em 2,0 metros. A abertura das covas poderá ser realizada com enxada ou uma cavadeira, no tamanho de 0,40 x 0,40 x 0,40 m;

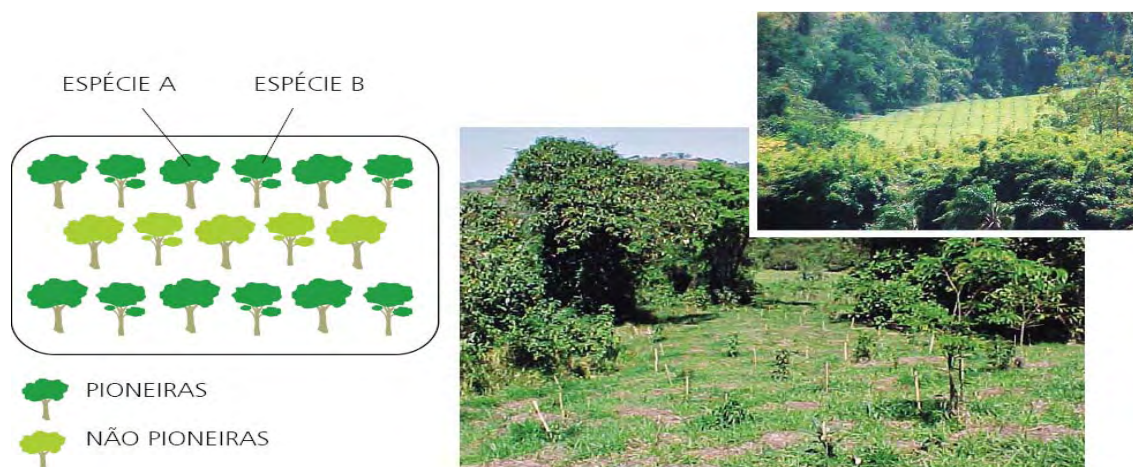
4- Adubação: utilizar a adubação química, onde deve-se misturar o adubo químico com a parte de cima do solo retirado da cova, colocando essa mistura no fundo e completando com o restante do solo. A fórmula a ser utilizada é NPK (20-30-30) ou outra fórmula comercial disponível, na quantidade de 200 g por cova;

5- Distribuição das espécies de árvores na área: na distribuição das mudas na área deve-se procurar imitar o modo como as árvores crescem na natureza. Primeiramente nascem às chamadas pioneiras, que são as espécies que precisam de luz para germinar e que crescem rápido, depois aparecem as chamadas secundárias, que são às espécies que precisam da sombra das outras árvores para crescer. Portanto, no plantio deve-se colocar uma linha com as pioneiras e uma linha de espécies secundárias que irão crescer devagar na sombra das primeiras.

Ao distribuir as mudas no campo deve-se procurar não repetir espécies iguais lado a lado.

Caso, a área não tenha irrigação, o plantio deverá ser feito na época das chuvas para a região de estudo. Logo a seguir será mostrado como pode ser realizado o plantio com as espécies pioneiras e secundárias e um exemplo de recomposição da vegetação visando unir fragmentos de mata ciliar (Figura 36).





**Figura 36** – Disposição das pioneiras e secundárias na área de plantio e uma recomposição da vegetação visando unir fragmentos de mata ciliar

(Fonte: adaptado de Tabai, 2002).

6- Plantio: as mudas devem ter altura mínima de 0,30 m e boas condições de sanidade. No plantio, retirar o saco plástico com cuidado, sem destruir o torrão, colocar a planta na cova sobre a porção de terra já com o adubo e, com o resto da mistura, cobrir o torrão compactando a terra ao redor. Caso não ocorra chuva, deve-se fazer, pelo menos, quatro irrigação por semana no primeiro mês de plantio. As mudas devem ser amarradas em varetas guias de bambu com altura de 1,0 m que, além da orientação de crescimento, servirão para ajudar na localização das mudas no campo;

8- Manutenção do plantio: se faz executando o coroamento das mudas, roçando um raio de 0,50 m ao redor da muda, para evitar que sejam sufocadas pelo mato. Também deve ser roçado nas entrelinhas de plantio quando o mato estiver com altura de 0,50 m do solo;

h) Manutenção do replantio: executa-se o replantio das mudas que morreram após 60 dias do plantio, não sendo necessário adubar novamente;

9- Adubação de Cobertura: esta adubação é realizada após 90 dias do plantio, distribuindo-se a lanço o adubo químico em torno da planta, evitando-se uma distância de 0,20 m ao redor da muda. Pode ser usada a formulação NPK (20-00-30), aplicando 200g por planta.

Nas nascentes Cabelão e Cacimba da Rosa, as quais são nascentes peri-urbanas, deve ser proibidas todas e quaisquer formas de poluição antrópica do lençol freático, como coliformes fecais e produtos químicos, quer seja por infiltração ou por carreamento superficial (enxurradas).

Outro fato muito importante que ocorre nas nascentes, Cabelão e Cacimba da Rosa a ser comentado é a introdução de uma estrada no seu entorno, que não passou por um

planejamento adequado, com o objetivo de proteger essas nascentes. Essa construção deixou o solo exposto a diferentes processos de erosão causados pelas chuvas, o que torna o terreno mais compactado e, portanto, mais propício à formação de enxurradas. Os barrancos também soltam terra que vai atingir a fonte de água. Além de tudo isso, essa estrada expõe às nascentes ao acesso de homens, animais e trânsito de máquinas. Assim, uma das providências mais importantes é um novo traçado das estradas internas da propriedade facilitando o isolamento dessas nascentes.

Já que nas nascentes estudadas o terreno apresenta-se bastante inclinado, nas partes altas da bacia, é indispensável para a recuperação e conservação dessas a presença de árvores nos topos dos morros e das seções convexas, estendendo-se até 1/3 das encostas, conforme preconiza a Resolução CONAMA, nº 303 de março de 2002. Assim, o solo será preservado e conservado, objetivando tanto o combate à erosão como a melhoria das características físicas do solo, notadamente aquelas relativas à capacidade de infiltração da água de chuva ou da irrigação. Com isso, tem-se maior disponibilidade de água na nascente em quantidade e estabilidade ao longo do ano, incluindo a época das secas.

## 8. BIBLIOGRAFIA

AMBICENTER: PORTAL DE INFORMAÇÃO E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. Arquivos: Educação Ambiental: **A floreta e a água**. Publicado pela AFUBRA – Associação dos Fumicultores do Brasil, sem data. Disponível em:

<http://www.ambicenter.com.br/ea01052200.htm> . Acesso em: 02 mar. 2011.

BARRELLA, W.; PETRERE, J. R.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. F. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO H. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p. 187-207.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5., 2002, Belo Horizonte. **Anais . . .** Belo Horizonte, 2002. P. 123-145.

BROCKI, E.; FERREIRA, R. G.; NODA, S. N.; CASARA, H.N.; BARROSO, J. L. J.; LIMA, A. B. Manejo de recursos naturais e composição de matas ciliares por uma população ribeirinha do Amazonas a partir do conhecimento tradicional. In. CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. Rio de Janeiro, 2000. p. 332-334.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 004, de 18 de setembro de 1985. Regulamenta as Reservas Ecológicas mencionadas no Artigo 18 da Lei nº 6.938/81, bem como as estabelecidas de acordo com o que preceitua o Artigo 1º do Decreto nº 89.336/84**. Brasília, DF, 1985.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 003, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Publicada no D.O.U nº 90, de 13 de maio de 2002, Seção 1, página 68. Brasília, DF, 2002.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal - (D.O.U. de 16/09/65).** Brasília, DF, 1965. (Obs.: essa Lei está em processo de revisão).

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências – (D.O.U. de 13/2/1998).** Brasília, DF, 1998.

CALHEIROS, R. DE OLIVEIRA *et al.* **Preservação e Recuperação das Nascentes.** Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá - Câmara Técnica de Conservação e Proteção aos Recursos Naturais (CTRN), 2004. 40p.

CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computer & Graphics**, v. 20, n. 3, 1996. p. 395-403,

CASTRO, P. S. **Recuperação e conservação de nascentes.** CPT, 2001. 84p. (Série Saneamento e Meio Ambiente; n.26).

CASTRO, P. S. & LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes.** Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 2001. 84 p. (Série Saneamento e Meio- Ambiente, n. 296).

COSTA C. P. A.; LÔBO D.; LEÃO T.; BRANCALION P. H. S.; NAVE A. G.; GANDOLFI S.; SANTOS A. M. M.; RODRIGUES R. R.;TABARELLI M. **Implementando reflorestamento com alta diversidade na zona da mata nordestina: Guia prático.** Recife, PE, 2008. 220 p.

CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa 1999. 360p.

DAKER, A. **A água na agricultura; captação, elevação e melhoramento da água.** 5.ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1976. v.2, 379p.

DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Análise crítica dos programas de recomposição de matas ciliares em Minas Gerais. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR: ciência e tecnologia, 1999, Belo Horizonte, MG. **Anais. . .** p. 172-188.

DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais. . .** São Paulo: Fundação Cargil, 1989. p. 88-98.

DIAS FILHO, M. B. Competição e sucessão vegetal em pastagens. In: PEREIRA, O. G.; OBEID, J. A.; FONSECA, D. M. de; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do (Ed.). Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, 2. **Anais...** Viçosa: UFV; DZO, 2004, p. 251-287.

DI LORENZO, I. D. N. **Reflorestamento das áreas de nascentes do município de Pedras de Fogo**. Pedras de Fogo, PB: EMATER/PB, 2007. 14 p.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E. R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 135-144, dez. 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, RJ, 2ª Ed. 1997. 212p.

FERNANDES, M. R. Vegetação ciliar no contexto de bacias hidrográficas. In: SIMPÓSIO MATA CILIAR: CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1999, Belo Horizonte, MG. **Anais. . .** Belo Horizonte, 1999. p. 217-233.

FERREIRA, S. Z.; GONTAN, J. E. N.; CASSOL, R.; PERREIRA FILHO, W. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas para identificação de áreas propícias a florestamento e/ou reflorestamento em sub bacias hidrográficas: hidrográficas: o caso do Arroio Lobato – RS. In: CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. **Anais. . .** Rio de Janeiro, 2000. p. 243-244.

FIALHO, J. F. **Efeitos da cobertura vegetal sobre características físicas e químicas e atividades da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, na região de Viçosa.** 1985. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1985.

FILGUEIRA, H. J. A.; SILVA, T. C. da; LIMEIRA, M. C. M.; SILVA, M. R. M.; SILVA, A. L. da. Usos e usuários de água de nascentes do alto curso da bacia hidrográfica do rio Gramame, Paraíba. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 10. Fortaleza, CE, 16 a 19 de novembro de 2010. **Anais...** Fortaleza, CE: ABRH, 2010. 10 p. (CD-ROM).

GADELHA C. L. M.; FILGUEIRA H. J. A.; CAMPOS L. F.; QUININO, U. C. M. **O uso de agrotóxicos nas áreas irrigadas da bacia do rio Gramame no Estado da Paraíba.** In: SILVA, T. C. da, PASSERAT DE SILANS, A. M. B.; GADELHA, C. L. M. (Eds.). Bacia do rio Gramame: hidrologia e aspectos ambientais para a gestão dos seus recursos hídricos. João Pessoa, PB: Ed. Universitária/UFPB, 2002. p. 61-68.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** (2004). “Cidades @.” Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>. Acesso em: 18 de fev. 2011.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** (2010). “Cidades @.” Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>. Acesso em: 18 de fev. 2011.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Superintendência Regional da Paraíba. SR- 18. **Assentamentos de Pedras de Fogo. Diagnóstico.** Dados em visita de campo, apresentados pelo Serviço de Meio Ambiente e Recursos Naturais. Setembro 2008.

JACOBS, T. C.; GILLIAM, J. W. Headwater stream losses on nitrogen from two coastal plain watersheds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 14, n. 4, p. 467-472, 1985.

LIMEIRA, M. C. M. **Capacitação social como estratégia para restauração de rios: gestão adaptativa e sustentável.** 2008. 290 p. Tese de Doutorado em Recursos Naturais - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande/PB, 2008.

LIMA, W. P. A função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas. **Anais.** . . Campinas, SP: Fundação Cargil, 1989. p. 25-42.

LIMA, W. P. O papel hidrológico da floresta na proteção dos recursos hídricos. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5, 1986, Olinda. **Anais.** . . São Paulo: Sociedade Brasileira de Silveira, 1986a. p. 59-62.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba, SP: ESALQ, 1986b. 242p. Texto básico para a disciplina “Manejo de Bacias Hidrográficas”.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia em matas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO H. **Matas ciliares: conservação e recuperação.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p.33-44.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de matas ciliares.** IPEF, Pesquisas Florestais. Piracicaba, sem data. Disponível em: <http://www.ipef.br/pesquisa/hidrociliar.html>. Acesso em: 02 mar. 2011.

LINSLEY, R. K. & FRANZINI, J. B. **Engenharia de recursos hídricos.** São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1978. 798 p.

LOURENCE, R.; FODD, R.; FAIL JÚNIOR, J.; HENDRICKSON JÚNIOR, O.; LEONARD, R.; ASMUSSEN, L. Riparian forest as nutrients in agricultural watersheds. **Bioscience**, Washington, v. 34, n. 6, p. 374-377, June 1984.

LOUREIRO, B. T. Águas subterrâneas. Irrigação: produção com estabilidade. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 100, 1983. p. 48-52.

MALAVASI, V. C.; MALAVASI, M. M.; SOUZA, M. A. A. A vegetação ciliar na micro região oeste do Paraná. CONGRESSO DE EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS, 6., 2000, Porto Seguro. **Anais.** . . . Rio de Janeiro, 2000. p. 435-436.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.

MELO, J. M. **Levantamento fitossociológico da mata ciliar do córrego Vilas Boas – Reserva Biológica do Poço Bonito – Lavras/MG**. 1991. 27 p. Monografia – Curso de Engenharia Florestal, Lavras: ESAL.

MELLO, F. de A. F. et al. **Fertilidade do solo**, São Paulo, Ed. Nobel, 1983. 400p.

MONTOVANI, W. Conceituação e fatores condicionantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas – SP. **Anais**. . . Campinas: Fundação Cargil, 1989. p. 11-19.

MOREIRA, I. T. & COUTO, A. I. Política de crédito e endividamento de trabalhadores assentados: o caso da Zona da Mata paraibana. **Emancipação (UEPG)**, v. 7, p. 135-164, 2007.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Cerne**, Lavras, v.1, n.1, p. 64-72, 1994.

PARAÍBA. GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos** – 2006. Disponível em, <<http://www.aesa.gov.pb>>. Acesso em, 15 set. 2006. 138 p.

PARAÍBA. EMATER-PB. **Sugestões de adubação para o Estado da Paraíba - 1ª aproximação**. João Pessoa, PB: EMATER-PB. 1997. 105p.

PARAÍBA. Governo do Estado da Paraíba. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame**. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais. Relatório Final. Vol. 1. João Pessoa, PB, 2000. 247 p.

PARAÍBA. Governo do Estado da Paraíba. **Plano Estadual de Recursos Hídricos – 2006**. Disponível em: <<http://www.aesa.gov.pb>>. Acesso em: 15 set. 2006. 138 p.



PEDRAS DE FOGO. Governo Municipal. **Plano Municipal de Saúde**, 2005. 105 p.

PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes**. 2003. 165p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2000**. Nova York, EUA: ONU, PNUD, 2000. Disponível em: <<http://www.undp.org.br/HDR/HDR2000/rdh2000/default.asp>>. Acesso em: 03 abr. 2011.

\_\_\_\_\_. **Plano Diretor Participativo de Pedras de Fogo**. Prefeitura Municipal de Pedras de Fogo. 2006. CD.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres. 1991. 149 p.

RICHTER, et al. **Ecologically sustainable water management: managing river flows for ecological integrity**. Ecological Society of America, 2003. p. 206-224.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999. 333 p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa - MG: UFV, 1999. p. 25-32.

RODRIGUES, R. R. Florestas ciliares? Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In. RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO M. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp, 2000. p. 91-99.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Spencor Produtos Gráficos Ltda., 1997. 446 p.

SANTOS, D. G. & ROMANO, P. A. Conservação da água e do solo e gestão integrada dos recursos hídricos. **Revista de Política Agrícola**, v. 14, n. 2, 2005. p. 51- 64.

SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo. Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. 508p.

SIMÕES, L. B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas de tampão ripárias**. 2001. 171 p. Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP.

SILVA, T. C. da; FILGUEIRA, H. J. A.; TORRES T. G.; de ALENCAR R. I. S.; FILHO L. de A. P. CARACTERIZAÇÃO DE CAPTAÇÕES DE ÁGUAS DE NASCENTES NA BACIA DO RIO GRAMAME: avaliação quantitativa preliminar. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 10. Fortaleza, CE, 16 a 19 de novembro de 2010. **Anais...** Fortaleza, CE: ABRH, 2010. 13 p. (CD-ROM).

TABAI, F.C.V. **Manual de procedimentos técnicos de restauração florestal em áreas de preservação permanente**. Piracicaba: Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba-Capivari-Jaguari , 2002. 4p.

VELASCO, I. Improving the sodic soils of Spain. **Sulfur Agriculture**. 1981.

VENEZIANI, P. & ANJOS, C. E. dos. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto**. São José dos Campos: INPE, 1982. 61p.

ZILLER, S. R. Os processos de degradação ambiental originados por plantas exóticas invasoras. **Revista Ciência Hoje**, São Paulo, n. 178, dez. 2001. Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br/download/artigos/Ciencia%20Hoje.pdf>. Acesso: 31 mar. 2011.