



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

RUBENS GONÇALVES

**ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE E QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA DO
IGARAPÉ CARRAPATO, EM BOA VISTA, RORAIMA.**

**Boa Vista
2008**

RUBENS GONÇALVES

**ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE E QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA DO
IGARAPÉ CARRAPATO, EM BOA VISTA, RORAIMA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Naturais, Área de Concentração: Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas.

Orientador: Professor Dr. Wellington Farias Araújo

Co-orientador: Professor Dr. Renato Augusto de Oliveira Evangelista

Boa Vista

2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

G635 Gonçalves, Rubens

Estimativa da disponibilidade e qualidade das águas da bacia do igarapé Carrapato, em Boa Vista, Roraima / Rubens Gonçalves. – Boa Vista, 2009.

77 f.

Orientador: Prof. Dr. Wellington Farias de Araújo

Co-orientador: Prof. Dr. Renato Augusto de Oliveira Evangelista.

Dissertação (Mestrado) – Recursos Naturais. Universidade Federal de Roraima.

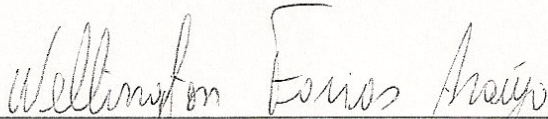
1 – Bacia hidrográfica. 2 – Irrigação . 3- Roraima- I - Título. II – Araújo, Wellington Farias de. III- Evangelista, Renato Augusto de Oliveira.

CDU 556.51(811.4)

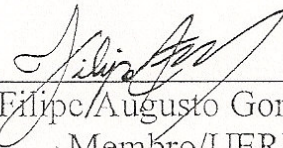
RUBENS GONÇALVES

Estimativa da disponibilidade e qualidades das águas da microbacia do Igarapé Carrapato, em Boa Vista, Roraima.

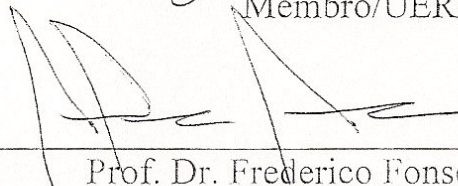
Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima, defendida em 15 de outubro de 2008 e avaliada pela seguinte Banca Examinadora:



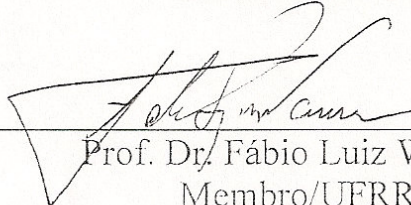
Prof. Dr. Wellington Farias Araújo
Orientador/UFRR



Prof. Dr. Filipe Augusto Gonçalves de Melo
Membro/UERR



Prof. Dr. Frederico Fonseca da Silva
Membro/UFRR



Prof. Dr. Fábio Luiz Wanker
Membro/UFRR



Dr. Roberto Dantas de Medeiros
Membro/EMBRAPA-RR

*À comunidade de Boa Vista,
cidade na qual finquei minhas
raízes e, especialmente, à comunidade
da bacia do Carrapato.*

DEDICO

*Em memória de meus pais:
José Gonçalves e
Aurora de Jesus Gonçalves:
exemplos de força, caráter
honestidade e generosidade,
espelhos para minha vida.*

MINHA HOMENAGEM

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por nos proporcionar este bem tão precioso e a vida.

Aos meus irmãos: Ido, Cidinha, Elmo, Lete, Néia, Paulo, Alamir e Jacir, por acreditarem em mim e pelo apoio incondicional.

Aos meus colegas de trabalho e do mestrado, pelo apoio constante.

À Universidade Federal de Roraima, ao PRONAT e à CAPES, por viabilizarem esta conquista.

À Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA, por me liberar das atividades e ceder veículo para trabalhos de campo.

À PMBV/SMGAI, na pessoa de Luciana Surita, pelo apoio concedido, através do fornecimento de material didático e combustível.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, pelo uso de seu laboratório e disponibilização de dados.

Aos técnicos do Laboratório de Solos da EMBRAPA: Alex, Márcio e Rita, pela colaboração.

Aos técnicos dos laboratórios da UFRR, Elenilda (química), Semíramis (CCA) e Márcio (biologia).

Aos Profs. Drs. Lucília Dias Pacobahyba, Valdinar Ferreira Melo, Henrique Eduardo Bezerra da Silva e Jaime de Agostinho, pela colaboração em diversos momentos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Wellington Faria Araújo, pela amizade e conselhos, que tanto contribuíram para meu desempenho.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Renato Augusto Oliveira Evangelista e ao Prof. Carlos Sander, pelo empenho e dedicação com que participaram da pesquisa de campo, ininterruptamente.

Ao Prof. Dr. Fábio Luiz Wankler, pela importante colaboração a este trabalho, no levantamento da geomorfologia da bacia.

A todos os personagens que integram a comunidade do Carrapato, à qual, orgulhosamente, faço parte.

***Se hoje Jesus voltasse a Caná, nós
Lhe pediríamos que transformasse
vinho em água.***

(Wadih Awawdê, prefeito da cidade de Kafr
Kana, antiga Caná da Galiléia, apud Mendes,
2003)

RESUMO

O desenvolvimento econômico do Estado tem ocorrido pela expansão do setor primário, devido ao aumento da demanda interna, pela proximidade de mercados como Manaus e a região do Caribe e o incentivo à produção por meio de projetos oriundos de parcerias público-privadas. Isso tem gerado uma pressão crescente sobre a utilização dos recursos naturais, podendo causar impactos negativos, tais como: perda de solo e fertilidade, supressão da biodiversidade e degradação da qualidade e quantidade da água ofertada pelas bacias hidrográficas utilizadas na região. Assim, este trabalho teve por objetivo principal estudar a morfometria, a vazão, a qualidade da água e o uso do solo da bacia hidrográfica do igarapé Carrapato, localizado em Boa Vista, RR. Para a morfometria da bacia hidrográfica do igarapé Carrapato foram utilizados mapas cartográficos e levantamento em campo com o uso de GPS e altímetro. Para vazão, medidas mensais foram feitas com o uso de um molinete ao longo de um ano. Para a qualidade da água, em quatro pontos do curso d'água principal, a água foi coletada para avaliação da turbidez, dos teores de potássio e ferro, pH, condutividade elétrica, teores de sódio, cálcio e magnésio. O balanço hídrico climatológico (BHC) da bacia foi feito utilizando-se dados de precipitação coletados na bacia e a evapotranspiração estimado por Penman-Monteith FAO. Os resultados do BHC revelaram um período de sete meses de déficit hídrico (outubro a abril) e outro de cinco meses de excesso hídrico, (maio a setembro). O total de déficit contabilizado foi de 405,3 mm, enquanto o excesso foi de 1119,1 mm. A bacia apresentou área de drenagem de 84,71 Km², perímetro de 58,3km e fator forma de 0,311, indicando um formato de bacia alongada, portanto pouco susceptível a enchentes. Os resultados mostraram que a vazão do igarapé foi de 0,293m³.s⁻¹ no mês mais crítico (abril). A demanda por água mostrou-se crescente, indicando a necessidade urgente de um planejamento adequado na utilização dos recursos hídricos. Com relação à qualidade da água, os parâmetros de ferro total, cálcio, magnésio, sódio, potássio, pH, condutividade elétrica e turbidez, sempre estiveram abaixo dos valores previstos pelas diretrizes do uso de água para irrigação e condizentes com a sua condição de água superficial natural, revelando uma boa qualidade da água.

Palavras-Chaves: Bacia hidrográfica, irrigação, vazão.

ABSTRACT

The State's economic development has occurred by the expansion of the primary sector due to the increased domestic demand, the proximity of markets such as Manaus and the Caribbean, and the encouragement of production through projects from public-private partnerships. This has generated an increasing pressure of the use of natural resources, which might cause negative impacts such as: lost of soil and fertility, abolition of biodiversity and degradation of the quality and quantity of water offered by watersheds used at the region. Therefore, this study aimed to investigate the main morphometry, the flow, the water quality and the soil use of the river basin of the Igarapé Carrapato, located in Boa Vista, RR. For the morphometry of the basin's Igarapé Carrapato maps were used in mapping and surveying field with the use of GPS and altimeter. For the flow, measures have been taken with the monthly use of a reel, over a year. For the water quality, in four points of the stretch of main water, water was collected to evaluate the turbidity, the levels of potassium and iron, pH, electrical conductivity, levels of sodium, calcium and magnesium. The climatological water balance (BHC) of the basin was done using the data collected from the basin and the precipitation and evapotranspiration estimated by Penman-Monteith FAO. The results of the BHC revealed a period of seven months of water deficit (October to April) and another of five months of excess water (May to September). The total deficit was recorded 405,3 mm, while the surplus was 1119,1 mm. The basin had a drainage area of 84,71 km², a perimeter of 58,3 kilometers and form factor of 0,311, indicating an elongated shape, therefore unlikely to floods. The results showed that the flow of Igarapé was 0,293 m³.s⁻¹ at the most critical month (April). The demand for water has shown to be increasing, indicating the urgent need for planning in the use of water resources. Regarding the water quality, the parameters of total iron, calcium, magnesium, sodium, potassium, pH, electrical conductivity and turbidity, have always been below those set out by the guidelines for the use of water for irrigation and consistent with its natural condition of water surface, revealing a good water quality.

Key words: Flow, irrigation, river basin.

LISTA DE SIGLAS

ALT	Alteração de armazenamento
ARM	Armazenado
BHC	Balanço hídrico climatológico
Ca	Cálcio
CAD	Capacidade de água disponível
CE	Condutividade elétrica
DEF	Déficit hídrico: diferença entre ETP e ETR
EAA	Espectrofotômetro de absorção de chama
ETP	Evapotranspiração potencial
ETR	Evapotranspiração real
EXC	Excedente hídrico
F	Fator de forma
Fe	Ferro
GPS	Sigla, em inglês, de Sistema de Posicionamento Global
IC	Índice de circularidade
K	Potássio
Kc	Coefficiente de capacidade
Mg	Magnésio
Na	Sódio
NEG - AC	Negativo acumulado
NTU	Sigla, em inglês, de Unidades Nefelométricas de Turbidez
P	Precipitação pluviométrica
pH	Potencial hidrogeniônico
RAS	Razão de adsorção de sódio
ZPE	Zona de processamento de exportação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	A ÁGUA COMO BEM DE CONSUMO.....	12
1.1.1	A água no contexto humano.....	12
1.1.2	Gestão das águas no Brasil.....	13
1.1.3	O contexto de Roraima.....	14
1.1.4	Bacias hidrográficas.....	16
1.1.5	Estudo hidrológico.....	17
1.1.6	Parâmetros físico-químicos da água.....	18
1.1.6.1	pH.....	18
1.1.6.2	Condutividade elétrica (CE).....	18
1.1.6.3	Turbidez.....	18
1.1.6.4	Ferro total.....	19
1.1.6.5	Cálcio, magnésio e dureza.....	20
1.1.6.6	Sódio.....	20
1.2	MEIO FÍSICO	21
1.2.1	Clima.....	21
1.2.2	Solos.....	22
1.2.3	Hidrografia.....	23
1.2.4	Igarapé Carrapato: área de estudo.....	24
2	MATERIAL E MÉTODOS	26
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
2.1.1	Localização.....	26
2.1.2	Levantamento planialtimétrico da bacia hidrográfica.....	27
2.1.3	Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica.....	27
2.1.3.1	Morfometria da bacia hidrográfica.....	27
2.1.3.2	Coeficiente de compacidade.....	28
2.1.3.3	Fator de forma.....	28
2.1.3.4	Índice de circularidade.....	29
2.2	CARACTERÍSTICAS DO USO DA TERRA	29
2.2.1	Levantamento dos diferentes usos da terra e utilização da água.....	29
2.3	ELEMENTOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS	30
2.3.1	Precipitação pluviométrica.....	30

2.3.2	Balanço hídrico climatológico e evapotranspiração potencial (ETp).....	30
2.3.3	Determinação das vazões.....	31
2.3.4	Análise dos parâmetros físico-químicos da água.....	32
2.3.5	Tratamento estatístico.....	34
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
3.1	CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA BACIA.....	35
3.2	ANÁLISE DOS PARÂMETROS HIDROLÓGICOS DA BACIA.....	39
3.2.1	Precipitações.....	39
3.2.2	Precipitações <i>versus</i> vazões.....	40
3.2.3	Balanço hídrico.....	41
3.3	QUALIDADE DA ÁGUA.....	42
3.3.1	pH.....	42
3.3.2	Condutividade elétrica (CE).....	43
3.3.3	Teor de ferro total.....	47
3.3.4	Teores de cálcio e magnésio.....	49
3.3.5	Teor de sódio e Relação de Adsorção de Sódio (RAS).....	51
3.3.6	Teor de potássio.....	53
3.3.7	Turbidez.....	55
3.4	USO DOS RECURSOS.....	57
3.4.1	Uso da terra.....	57
3.4.1.1	Agropecuária.....	57
3.4.2	Demanda pela água.....	61
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
4	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS	67
	ANEXOS	74

1 INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água precipitada que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água. Assim, vem sendo considerada uma unidade territorial ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais (TUCCI, 1997).

Em Roraima, a oferta de água é abundante durante parte do ano, devido a um período chuvoso definido e à sua vasta malha hidrográfica. Entretanto, nota-se que os fluxos de água caem para vazões muito baixas no período seco, exigindo um planejamento acurado, quanto ao uso, para evitar sua escassez. Além disso, essa situação pode ser agravada com o uso crescente dos recursos naturais para exploração agrícola.

O igarapé Garrapato, afluente do rio Cauamé, é representativo dos cursos de água da região de cerrado do Estado, tendo destaque por manter-se perene ao longo do ano, localizar-se muito próxima da cidade e ao longo da rodovia BR 174, além de ter, nos últimos anos, intensificado suas atividades agropecuárias, especialmente com a instalação de projetos de irrigação. Dessa forma, o monitoramento dessa bacia hidrográfica funciona como um laboratório vivo para se entender suas transformações ao longo de um ano de atividades.

1.1 A ÁGUA COMO BEM DE CONSUMO

1.1.1 A água no contexto humano

O crescimento da população mundial e o aumento da capacidade aquisitiva em algumas regiões têm gerado uma demanda crescente de alimentos, exercendo grande pressão ao meio ambiente e aos recursos hídricos. Segundo Christofidis (2003), há um incremento anual de 85 milhões de pessoas por ano na população do globo, o que, aliado ao crescimento do consumo individual, acarretam uma grande defasagem entre a oferta e a demanda por alimentos.

Nos últimos 70 anos, a população mundial triplicou, enquanto o consumo de água foi multiplicado por seis, com destaque ao uso da água para produção de alimentos (CHRISTOFIDIS, 2003).

O êxodo rural, deixando no campo um menor contingente para produzir, exige que esses produtores sejam mais eficientes na produção. Enquanto em 1850, quatro produtores geravam excedentes para mais uma pessoa, em 1999, apenas uma pessoa podia gerar excedentes para quase uma centena. Isso se deve, em grande parte, à prática da irrigação (CHRISTOFIDIS, 2003). Conforme o autor, atualmente, 274 milhões de hectares cultivados são irrigados no mundo (no Brasil são 3,1 milhões de ha), representando 40% do total da produção de alimentos.

Conforme Hirata (2003), “pesquisas recentes estimam que, dos 47.000 km³.ano⁻¹ das águas que escoam superficialmente no planeta, apenas 12.500 km³.ano⁻¹ são de acesso fácil, e que a exploração dos restantes 34.500 km³.ano⁻¹ é difícil, custosa ou pode causar impactos ambientais negativos”. Ainda segundo o autor, uma pessoa saudável e com boas condições de higiene, necessita de um volume médio de 80 litros. dia⁻¹ para sua manutenção.

1.1.2 Gestão das águas no Brasil

A disputa pela água entre os interessados envolve, quase sempre, aspectos conflitantes que acabam acarretando em restrições para os usos, limitando o pleno aproveitamento individual por parte dos usuários. A Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos – SINGREH, que tem entre outros objetivos, compatibilizar os múltiplos usos desses recursos (BRASIL, 1997 e MENDONÇA *et al.*, 2006).

A referida lei cria também o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, o qual tem editado diversas resoluções, dentre as quais, conforme Silva, Reis e Pimenta (2003) merecem destaque:

- ✓ Resolução n° 5, de 10/04/2000 – Estabelece diretrizes para a formação e funcionamento dos Comitês de Bacias Hidrográficas;
- ✓ Resolução n° 12, de 19/07/2000 – Estabelece procedimentos para o enquadramento de corpos de água em classes;
- ✓ Resolução n° 13, de 25/09/2000 – Estabelece diretrizes para a implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos;
- ✓ Resolução n° 15, 11/01/2001 – Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas;

- ✓ Resolução n° 16, de 08/05/2001 – Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos; e,
- ✓ Resolução n° 17, de 29/05/2001 – Estabelece diretrizes para elaboração dos Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas.

Ainda quanto à legislação federal, merece destaque ainda, a Resolução do CONAMA n° 357 de 18 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação e o enquadramento dos corpos de água, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

Na legislação estadual, há o Decreto n° 8123-E de 12 de julho de 2007 (RORAIMA, 2007), que trata da disposição de outorga de água, que toma por base a legislação federal.

1.1.3 O contexto de Roraima

A história da ocupação de Roraima é marcada pelo grande número de imigrantes das diversas regiões do país, principalmente do Nordeste, incentivados por uma política estadual, onde recebiam doação de terras e ajuda de custo, deixando de lado a preocupação com as peculiaridades regionais: solos frágeis e de baixa fertilidade, vegetação heterogênea e a maioria dos rios, igarapés e lagos temporários, obedecendo às estações climáticas, chuvosa e seca (FREITAS, 2000).

Mais de 90% da população de Boa Vista, capital do Estado, localiza-se no espaço urbano, ao tempo em que as áreas rurais constituem-se em “vazios demográficos”, resultando no Estado brasileiro com menor densidade demográfica. Segundo o censo demográfico de 2007 (IBGE, 2007), cerca de 63% dos habitantes do Estado estão concentrados na capital, resultado do intenso êxodo rural causado por políticas públicas deficientes, no campo da saúde, educação, apoio à agricultura e falta de infra-estrutura, além da grande oferta de empregos públicos, principalmente na capital.

A demanda por alimentos vem crescendo e a produção local, tradicionalmente concentrada na pecuária extensiva e na produção de arroz (em área de várzea) e na fruticultura (no sul do Estado), necessita diversificar-se. Essa produção incipiente torna o Estado altamente dependente de outras regiões do país, cujo acesso é dificultado pelo seu isolamento geográfico, resultando nos elevados preços praticados junto ao consumidor.

Recentemente, programas governamentais de incentivo à produção têm estimulado empreendedores locais e de outras regiões a investirem no setor agropecuário, principalmente nas áreas próximas a Boa Vista, com o objetivo de promover o desenvolvimento regional. Isto, evidentemente, tende a ter um grande impacto positivo no meio sócio-econômico local. Contudo, deve exercer uma pressão cada vez maior sobre os recursos naturais, em especial, na demanda pelo uso da água, principalmente para irrigação durante o período seco, que vai de setembro a março (ARAÚJO et al., 2001).

A região Norte-Nordeste do Estado de Roraima, cuja vegetação é do tipo savana¹, teve seu sistema produtivo baseado, principalmente, na pecuária extensiva. No entanto, a pesquisa local aponta bom potencial de mercado e boas condições ambientais para cultivos de maior interesse econômico, com destaque para grãos: arroz, milho, soja, sorgo, feijão caupi, girassol e mamona; fruticultura: abacaxi, banana, citros, mamão, manga e maracujá; e horticultura: melão, melancia, alface, tomate e pimentão (EMBRAPA, 2001; EMBRAPA, 2005).

Em função das condições climáticas locais, com um período seco bem definido, torna-se imprescindível a utilização da irrigação para garantir altas produtividades com qualidade, possibilitando inclusive, colheitas fora da estação chuvosa.

Os produtores instalados no entorno de Boa Vista, região possuidora de uma estrutura viária razoável e com hidrografia farta e perene, vêm mudando o panorama produtivo local, aproveitando a proximidade do mercado e a facilidade de escoamento da produção.

A captação intensiva de água para irrigação, por parte de um determinado grupo de produtores, pode impedir outros usuários de captá-la, gerando conflitos entre as partes e, até mesmo, o esgotamento dos recursos hídricos (LANA, 2002).

Apesar da oferta de água da malha hidrográfica da região ser abundante durante a maior parte do ano, no período seco, os fluxos de água caem para vazões muito baixas, o que exige um planejamento bastante acurado, quanto ao uso, para evitar sua escassez. Além disso, com o uso mais intensivo desse recurso, faz-se necessário um planejamento do seu uso racional, pelo monitoramento constante, por

¹ Nos arredores de Boa Vista, a savana é constituída, predominantemente, por um campo gramíneo, com ocorrência ou não de arbustos e arboretas, pontuada de lagoas e recortada por igarapés povoados por buritis e aningas (CPRM, 2002).

parte dos gestores ambientais, no sentido de se evitar o esgotamento dos recursos naturais e das áreas de preservação, como no caso das matas ciliares.

No que se refere à gestão de suas águas, Roraima segue atualmente o que estabelece a legislação federal, uma vez que a Lei nº 547, de 23 de junho de 2006, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos (RORAIMA, 2007), ainda depende de regulamentação para entrar em vigor.

O órgão gestor estadual é a Fundação Estadual do Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia – FEMACT, a qual possui em seu organograma, uma Divisão de Recursos Hídricos, pertencente à Diretoria de Ciência e Tecnologia. Porém, ainda não divulgou produtos resultantes das atividades de gestão desses recursos.

1.1.4 Bacias hidrográficas

A água é, indiscutivelmente, um dos fatores limitantes para a existência da vida. O surgimento de aglomerações humanas, a fauna e a cobertura vegetal de uma determinada região são regulados em função da presença da água e sua dinâmica, funcionando como insumo primordial, transporte de sedimentos, de material reprodutivo, de solutos, regulação da temperatura dos organismos (BRANCO, 2003), regulação do clima, produção de alimentos e inúmeras outras funções.

Sendo assim, essa dinâmica, dentre outros fatores de abrangência mais ampla, faz com que uma micro-região, cujos limites são definidos por suas cotas mais altas, tenha características ecológicas próprias, muitas vezes, com situações de endemismo no caso de diversas espécies, tanto vegetais como animais. Essa área, denominada de bacia hidrográfica ou bacia de drenagem, é conceituada por Garcez; Alvarez (1988), como “uma área definida e fechada topograficamente num ponto do curso de água, de forma que toda a vazão afluente possa ser medida ou descarregada através desse ponto”.

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação internacional, por representar uma unidade bem caracterizada. No meio científico, se considera a bacia hidrográfica como uma unidade de estudo independente (DONADIO; GALBIATTI; DE PAULA, 2005). Essa unidade territorial também passou

a ser adotada pela Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil (BRASIL, 2007).

A utilização dos solos de maneira intensiva, sem o devido cuidado com sua conservação e das matas ciliares, culmina geralmente com a degradação das bacias hidrográficas, assoreando os leitos dos cursos de água, depreciando sua qualidade, reduzindo sua disponibilidade e potencial de uso para a irrigação (VANZELA et al., 2003). Segundo Arcova; Cicco (1999), nas bacias com cobertura de floresta natural, a vegetação promove a proteção contra a erosão dos solos, a sedimentação, a lixiviação excessiva de nutrientes e a elevação da temperatura da água. Nas bacias de uso agrícola, quando comparadas às de uso florestal, o transporte de sedimentos e a perda de nutrientes são maiores.

1.1.5 Estudo hidrológico

O ciclo hidrológico, mais do que uma simples seqüência de processos, constitui-se de um conjunto de fases, as quais representam os diferentes caminhos através do qual a água circula dentro da natureza.

A produção de água de uma bacia hidrográfica, segundo Lima (1996), inclui o deflúvio (volume de água que passa pela secção transversal de um canal durante um determinado tempo) e também a variação do armazenamento na bacia, inclusive a recarga da água subterrânea. O deflúvio reflete a integração de todos os fatores hidrológicos em uma bacia hidrográfica, incluindo características topográficas, clima, solo, geologia e uso do solo.

O estudo do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica deve ser realizado quantificando-se as entradas e saídas de água do sistema, considerando-se as perdas que ocorrem no decorrer do percurso, até o exutório. As entradas de água são representadas pelas precipitações, as saídas pela vazão no talvegue e as perdas são decorrentes da evaporação, evapotranspiração, percolação e a retirada artificial, para irrigação ou abastecimento (VANZELA et al., 2003).

1.1.6 Parâmetros físico-químicos da água

1.1.6.1 pH

O pH, potencial hidrogeniônico, é uma medida do equilíbrio entre as cargas de hidroxilas (OH^-) e de íons de hidrogênio (H^+), sendo controlado pelo equilíbrio na concentração de compostos dissolvidos na água. Por exemplo, em águas naturais, esse equilíbrio depende da presença de íons carbonatos, como dióxido de carbono (CO_2), ácido carbônico (H_2CO_3), carbonatos e bicarbonatos (HCO_3^-), além de outros componentes naturais, como os ácidos húmicos e fúlvicos resultantes da degradação da matéria orgânica (HERMES; SILVA, 2004).

A determinação do valor do pH possibilita prever-se o comportamento de possíveis contaminantes agrotóxicos presentes no corpo hídrico, cuja solubilidade aumenta ou diminui conforme estes sejam ácidos ou básicos, além de reduzir a atividade microbiana bentônica na decomposição e ciclagem de nutrientes, com reflexo direto na cadeia alimentar (HERMES; SILVA, 2004).

1.1.6.2 Condutividade elétrica (CE)

A CE da água é o oposto da resistividade elétrica e corresponde à medida da capacidade de um corpo de água em conduzir eletricidade, crescendo proporcionalmente à medida que aumenta a concentração de sais. Assim, mudanças significativas na CE de um corpo hídrico podem indicar processos poluidores no interior de sua bacia de drenagem, como por exemplo, carreamento de agroquímicos e despejo de efluentes (HERMES; SILVA, 2004).

1.1.6.3 Turbidez

A turbidez é a medida da intensidade de luz dispersa em uma solução, definida na química como “nefelometria” e expressa em NTU^2 . A determinação da turbidez da água é necessária para se avaliar indiretamente a quantidade de material em suspensão, constituído de argila, areia, resíduos orgânicos, minerais,

²

Sigla em inglês de: Unidades Nefelométricas de Turbidez

detritos e plâncton, a qual pode ser proveniente da forma de uso das áreas ou o tipo de atividade exercida na bacia hidrográfica. A presença desses materiais na água acarreta na dificuldade de penetração da luz, diminuindo a taxa fotossintética e favorecendo a proliferação de cianobactérias produtoras de toxinas, além de diminuir a concentração de oxigênio dissolvido, com implicações na respiração dos organismos aquáticos (HERMES; SILVA, 2004). Ademais, a presença de partículas orgânicas e inorgânicas em suspensão, pode causar inúmeros problemas nos equipamentos de irrigação, tais como entupimento da tubulação e dos filtros, corrosão de bombas hidráulicas, aumento da salinidade do solo e contaminação dos produtos agrícolas destinados à alimentação humana (VANZELA, 2003) e (UNESP, 2007). O CONAMA estabelece como padrão de qualidade, 40 NTU, para águas da Classe I (destinadas ao abastecimento para consumo humano, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças e frutas, entre outras) (BRASIL, 2005). Vanzela et al. (2003) e Vanzela (2004), estudando uma microbacia localizada no Estado de São Paulo, encontraram valores abaixo disso para a maioria dos pontos amostrados; Gomes (2000) e Sant'Ana (2006), encontraram valores de turbidez muito baixos, entre 0,7 e 10,0 NTU e entre 2,0 e 14,8 NTU, respectivamente, para o igarapé Água Boa, nas proximidades de Boa Vista.

1.1.6.4 Ferro total

A presença do ferro em águas superficiais é atribuída, principalmente, à decomposição das rochas ricas em ferro e nos solos resultantes dessa decomposição. Sendo um elemento abundante na superfície terrestre, é normalmente encontrado nos corpos de água, para onde é transportado, principalmente pelas chuvas, por meio de lixiviação do solo (ESTEVES, 1998).

Conforme Vanzela (2004), quando se refere à irrigação, a presença de ferro é o problema mais importante, pois ao se oxidar pode causar danos aos sistemas de irrigação, obstruindo tubulações e orifícios dos emissores, principalmente quando se trata de sistemas de irrigação localizada.

Nakayama; Bucks (1986 apud MAURO, 2003) relatam que o ferro reduzido (Fe^{2+}) é responsável pela obstrução das tubulações em todo o mundo e esta oxidação está associada a bactérias presentes nos sedimentos de fundo dos

córregos. Segundo os autores, a concentração máxima aceitável, desse íon, é de $0,75 \text{ mg.L}^{-1}$.

O ferro solúvel (Fe^{2+} ou ferro complexado) na água consegue atravessar o sistema de filtragem e oxida-se nas paredes internas das tubulações e nos orifícios dos emissores. Com isso, principalmente no caso da irrigação localizada, há a necessidade de instalação de um rigoroso sistema de filtragem (HERMES; SILVA, 2004).

1.1.6.5 Cálcio, magnésio e dureza

A dureza da água é um termo que expressa a concentração de sais solúveis, geralmente associada ao cálcio (Ca^{2+}) e ao magnésio (Mg^{2+}), embora estejam presentes outras substâncias como ferro e manganês (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). A origem natural desses elementos na água pode ocorrer através da dissolução de minerais, solos e rochas como por exemplo, a calcita e a dolomita (FENZL, 1986) e também por influência antrópica (ESTEVES, 1998).

A qualidade de água para irrigação é determinada pelo seu conteúdo total de sais e sua composição iônica. O principal problema da qualidade de água para irrigação é a precipitação dos carbonatos de cálcio e magnésio, que pode ocorrer, principalmente, se a água apresentar elevada dureza e pH alto (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

1.1.6.6 Sódio

O efeito do sódio no solo é sentido nas suas condições físicas, causando problemas de infiltração de água, tanto pela redução da permeabilidade, quanto pelo encrostamento da superfície do solo (AMORIM et. al., 2008). A composição química da água pode ser expressa como uma relação entre o sódio e os íons cálcio e magnésio existentes. Essa relação é chamada Razão de Adsorção de Sódio (RAS), e assume um papel preponderante para avaliar o risco de que as águas usadas para fins de irrigação provoquem sodificação no solo. Solos com essa característica possuem baixa percolação de água, dificultando o controle de sua salinização (MAIA; MORAIS; OLIVEIRA, 1998) e (GHEYI; MEDEIROS; SOUZA, 1999). O problema principal é a ineficiência da irrigação, com reflexos econômicos, além de

favorecer a formação de crostas, invasão de vegetação espontânea, inundação da cultura, apodrecimento de sementes (GHEYI; MEDEIROS; SOUZA, 1999) e queda na produção. Algumas diretrizes da qualidade de água estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Diretrizes para interpretar a qualidade da água na irrigação recomendada pela FAO, proposta pela University of California Committee of Consultants (1974) e apresentada por Gheyi, Medeiros e Souza (1999).

Problema potencial	Unidade	Grau de restrição de uso		
		Nenhuma	Ligeira e Moderada	Severa
Salinidade (Afeta a disponibilidade de água para a cultura)				
Condutividade elétrica	dS.m ⁻¹	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
STD*	mg.L ⁻¹	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltração (Avaliada usando CE e RAS conjuntamente)				
RAS** + 0 – 3 e CE +		> 0,7	0,7 – 0,2	< 0,2
3 – 6		> 0,2	1,2 – 0,3	< 0,3
6 – 12		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
12 – 20		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
20 – 40		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidade de íons específicos (Afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na ⁺)				
Irrigação superficial	RAS	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	mg.L ⁻¹	< 69,0	> 69,0	
pH		Faixa normal 6,5 – 8,4		

*STD = Sólidos totais dissolvidos

**RAS = $Na^+ / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{1/2}$

1.2 MEIO FÍSICO

1.2.1 Clima

O município de Boa Vista tem clima classificado, segundo Köeppen, como Tropical Úmido do Tipo “A”, do subtipo “Awi”, o qual predomina no Nordeste do Estado. É marcado por um período seco de cerca de 6 meses, geralmente de dezembro a março, denominado regionalmente de verão e apresentando índices pluviométricos médios de 36,5 mm.mês⁻¹ e insolação entre 160 a 200 horas.mês⁻¹. O outro período, chuvoso, estende-se de maio a julho, concentra 58% das chuvas do ano, com insolação variando entre 95 e 165 horas.mês⁻¹ (BARBOSA, 1997). Já Araújo et al. (2001), define o período chuvoso como ocorrendo entre abril e agosto,

com maiores precipitações em junho e julho, e que somente entre maio e agosto ocorrem precipitações suficientes para suprir as necessidades das culturas. O tipo Aw apresenta um regime hídrico bem diferenciado, abrangendo as savanas tropicais, com altas temperaturas, cujas médias mensais apresentam uma amplitude anual que não ultrapassa 5 °C (MELO; GIANLUPPI; UCHOA, 2004).

O regime pluviométrico que ocorre na região é, em parte, responsável pela manutenção da fisionomia da savana. Os registros indicam uma precipitação de 1.614 mm.ano⁻¹ (BARBOSA, 1997). Araújo et al. (2001), relatam outro dado: 1.678,6 mm.ano⁻¹. A diferença é atribuída ao tamanho da série histórica considerada em cada trabalho. O balanço hídrico registra em média um excedente de 346 mm no período de abril a agosto e déficit de 593 mm no período de setembro a março (CDTFI, 2005).

1.2.2 Solos

Geomorfologicamente, a região localiza-se na Depressão da Amazônia Setentrional, sobre o Pediplano Rio Branco-Rio Negro, pertencentes à Formação Boa Vista. O relevo é predominantemente aplainado, altitudes entre 80 e 160 metros e foi elaborado sobre os sedimentos pleistocênicos da Formação Boa Vista, onde se pode encontrar diversos afloramentos de rochas, constituindo pequenos “inselbergs”, que podem ter altitudes de 400 a 500 metros. Apresenta uma topografia de ondulação pouco acentuada, regionalmente conhecida por “tesos”, onde ocorrem geralmente blocos concrecionários ferruginosos (FRANCO; DEL'ARCO; RIVETTI, 1975). Também ocorrem pequenas depressões formando lagos de forma circular, isolados ou parcialmente drenados por igarapés (VELOSO et al., 1975).

Em termos geológicos, segundo Montalvão et al. (1975), a área estudada pertence à Formação Boa Vista e é constituída por sedimentos predominantemente arenosos, inconsolidados, mal selecionados, sendo comum a presença de material sílico-argiloso e concreções lateríticas não sedimentares.

De acordo com Vale Junior (2003), os solos do tipo Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo predominam na região, os quais se caracterizam como solos minerais bem desenvolvidos, sedimentares, argilosos e argilo-arenosos. Enquanto, Latossolos Amarelos apresentam perfis de até 200 cm de espessura, com sequência de horizontes A, BW e C, subdivididos em A, AB, BA, BW₁, BW₂; os Argissolos

Amarelos possuem horizonte B Textural, são profundos, bem drenados, apresentam coloração amarelada, variando entre 10YR a 7,5YR. São solos de textura média (15 a 30% de argila) a argilosa (30 a 60% de argila), apresentam boa drenagem, perfis profundos, bem endurecidos quando secos e de baixa infiltração no período chuvoso, tornando-se susceptíveis à erosão, principalmente do tipo laminar.

Já CPRM (2002), referindo-se especificamente à área da bacia do Igarapé Carrapato, classifica seus solos como Latossolo Amarelo Alumínico de textura argilosa a média/argilosa, em suas cotas mais altas e médias; nas proximidades de sua foz, ocorrem solos do tipo Neossolo Flúvico Distrófico típico A moderado, de textura média e arenosa, ocorrendo juntamente com Planossolo Hidromórfico Eutrófico Arênico A fraco de textura arenosa/argilosa e com Neossolo Quartzarênico Hidromórfico típico A fraco, semelhante ao que ocorre em floresta densa aluvial de relevo plano.

Quanto à aptidão para uso desses solos, estes são considerados aptos para lavoura, porém, com restrições, demandando uso intensivo de tecnologia: correção de acidez, aporte de fertilizantes e mecanização (CPRM, 2002), incluindo-se aí a irrigação, no período seco.

1.2.3 Hidrografia

O Estado de Roraima é bastante rico em recursos hídricos. A área do Estado é praticamente toda dominada pela bacia do Rio Branco, principal componente do sistema hidrográfico de Boa Vista. É o afluente mais importante da margem esquerda do Rio Negro, seu curso seguindo a direção geral Nordeste – Sudoeste, desde sua foz até sua formação, na confluência dos rios Uraricoera e Tacutu, a cerca de 30 km a montante de Boa Vista (FECOMÉRCIO, 2005).

O regime hidrográfico da bacia do Rio Branco é definido por um período de cheia, nos meses de março a setembro, com o máximo ocorrendo no mês de junho. No período seco, as águas baixam consideravelmente, impossibilitando, inclusive, a navegação no baixo rio Branco (CPRM, 2002). Devido à pequena variação em suas cotas na região plana da savana, no período de cheia, o Rio Branco costuma represar seus tributários diretos e as microbacias que drenam todo esse ecossistema, praticamente paralisando os fluxos dos cursos d'água.

O Rio Cauamé é seu principal afluente da margem direita, nessa região. A parte baixa de sua bacia tem sua margem direita dominada pela cidade de Boa Vista. Na margem esquerda, situam-se as regiões de Monte Cristo, Santa Fé e parte da região do Bom Intento, drenadas pelas microbacias dos igarapés Caçari, Curupira e Carrapato, os quais, por drenarem áreas onde predominam solos intensamente intemperizados, possuem águas fortemente ácidas.

Esses igarapés pertencem ao grupo daqueles classificados como águas claras (SIOLI, 1956; SCHÄFER, 1984), apresentando pH entre 4,7 e 5,2 (SIOLI, 1956), e são extremamente pobres em sais dissolvidos, com médias de 0,5 mg.L⁻¹ para Ca²⁺, 0,2 mg.L⁻¹ para Mg²⁺ e K⁺, 0,6 mg.L⁻¹ para Na⁺ (SCHÄFER, 1984).

1.2.4 Igarapé Carrapato: área de estudo

O Igarapé Carrapato, objeto deste estudo, é um curso de água integrante da grande rede de drenagem da savana que circunda toda a região de Boa Vista. É tributário da margem esquerda do Rio Cauamé, ao Norte da cidade, portanto, na sua margem oposta. Origina-se da drenagem de diversos lagos intermitentes da savana, nas proximidades da rodovia RR – 319 que liga a BR – 174 à Vila do Passarão, às margens do Rio Uraricoera. Seu curso principal segue o sentido Norte – Sul, paralelamente à BR – 174, por 17 km, até sua foz, na zona rural da capital. Essas rodovias foram construídas, obedecendo, de forma geral, seus divisores com as bacias adjacentes.

Apesar da tendência de aumento na utilização de suas águas, o igarapé tem mantido seu curso perene durante todo o ano.

Sua bacia abriga, além de algumas fazendas tradicionais de criação de gado, que atualmente estão adotando uma agricultura tecnificada como forma de diversificação, outros agentes de ocupação, com atividades bem diversificadas.

Em suas margens estão instalados diversos agricultores, fazendeiros, um grande viveiro de produção de mudas, um campo experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, que utiliza irrigação através de pivô central (há outro pivô instalado em uma das fazendas), uma estação de rebaixamento de energia da empresa Centrais Elétricas Norte do Brasil – ELETRONORTE, dois complexos de armazenamento e processamento de grãos, além de outros empreendimentos de menor monta.

Agostinho (1999) relata o desrespeito à mata ciliar em lotes situados em sua margem esquerda, causando depredação da vegetação, além de certo grau de poluição em suas águas, tanto de origem animal, devido às áreas de criação de gado, como de agrotóxicos e fertilizantes das inúmeras chácaras e fazendas localizadas na bacia.

O abastecimento para consumo humano, segundo Agostinho (1999), é pequeno. Contudo, é importante frisar-se que o Rio Cauamé, contribui com parcela significativa na qualidade da água de abastecimento de grande parte da cidade de Boa Vista, devido à captação da Companhia de Águas e Esgotos de Roraima - CAER encontrar-se a pouca distância e a jusante de sua foz no Rio Branco, na mesma margem.

Este trabalho tem por objetivo quantificar a disponibilidade hídrica do igarapé Carrapato pelas medidas de vazão e da precipitação pluviométrica ocorridas na bacia, e avaliar a qualidade da água, além de fazer um diagnóstico das propriedades rurais presentes, através dos seguintes passos:

- ✓ Monitoramento da pluviometria da bacia;
- ✓ Determinação da morfometria da bacia;
- ✓ Quantificação da descarga da bacia ao longo do período de estudos;
- ✓ Análise de algumas variáveis da qualidade de água, quanto à turbidez, pH, Condutividade Elétrica, ferro total, cálcio, magnésio, dureza da água, sódio e potássio;
- ✓ Estimativa dos termos do balanço hídrico climatológico da bacia incluindo a taxa de evapotranspiração potencial e real; e
- ✓ Estimativa de uso das propriedades rurais instaladas ao longo da bacia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1.1 Localização

O estudo ocorreu em Boa Vista, Roraima, cujas coordenadas de referência são: 2° 49' 17" N; 60° 39' 45" W e 90 m de altitude, especificamente no igarapé Carrapato, que é tributário da margem esquerda do rio Cauamé, ao Norte da cidade, portanto, na sua margem oposta (figura 1).

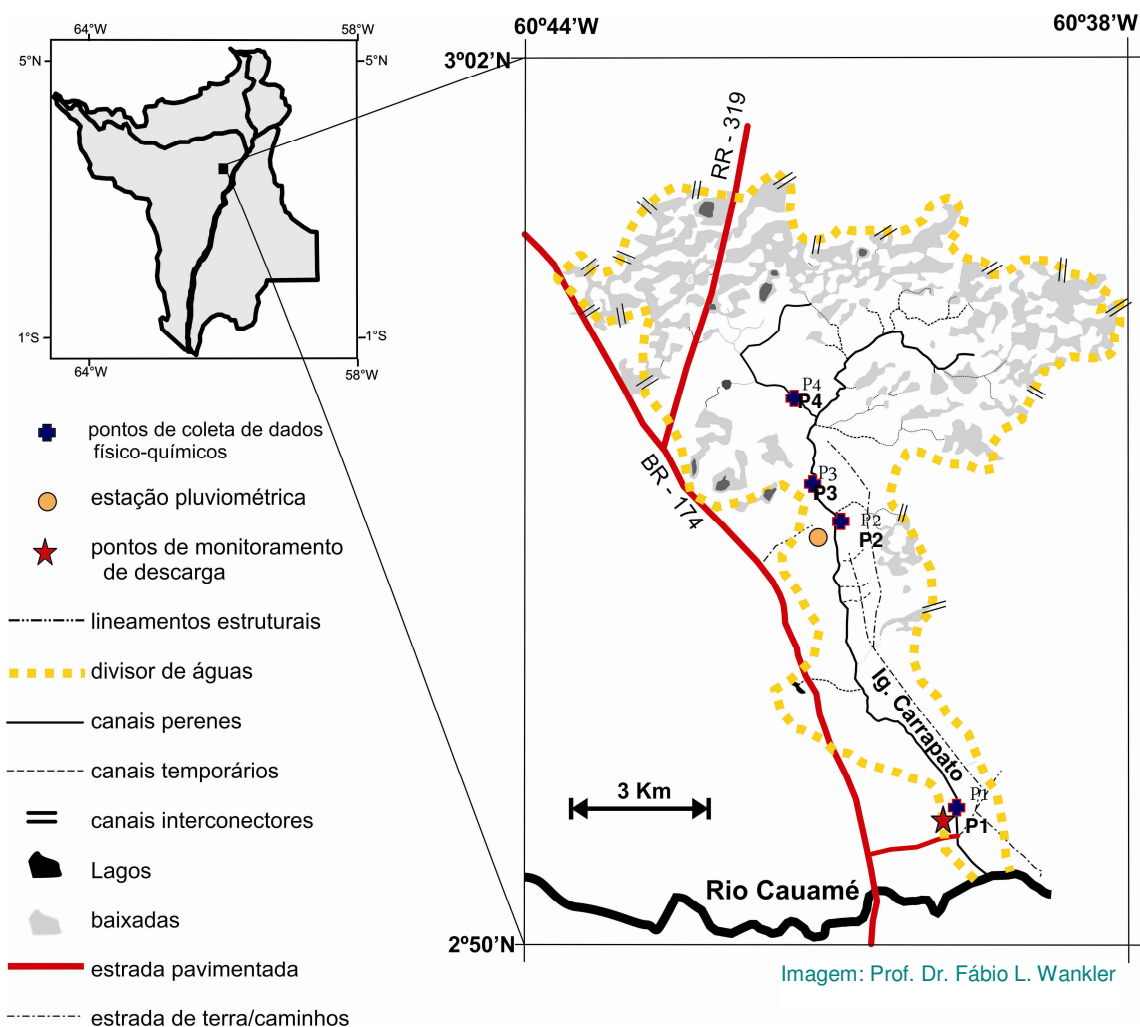


Figura 1 - Delimitação da bacia do igarapé Carrapato em Boa Vista-RR e sua malha viária.

2.1.2 Levantamento planialtimétrico da bacia hidrográfica

Um GPS³ de navegação com precisão de 7,0 a 15,0m e um altímetro digital portátil com precisão de 1,0m foram utilizados para a obtenção de 72 pontos em toda a bacia, para estudo da planialtimetria e do contorno, definido pelos divisores topográficos. Os aparelhos foram aferidos no Marco Topográfico RN 88 do IBGE, localizado no Aeroporto Internacional de Boa Vista.

Para a determinação das características fisiográficas da bacia, confeccionou-se um modelo tridimensional do terreno, utilizando o aplicativo SURFER versão 8, no qual os dados altimétricos foram interpolados pelo método de interpolação do vizinho mais próximo.

O mapeamento da bacia foi feito no aplicativo CorelDRAW X4, a partir de dados obtidos de levantamentos de campo, imagens do sensor Thematic Mapper do satélite Landsat-5 de 11 de março de 2004 (Cena 232/58), imagens extraídas do GOOGLE EARTH (versão 4.0.2091) e cartas planialtimétricas na escala 1:25000, MURUPU MI 54/1 NE e MONTE CRISTO MI 54/2 NO produzidas pelo Exército Brasileiro.

O cálculo da área da bacia foi feito segundo as seguintes etapas: (i) Determinação preliminar dos limites através da análise de imagens de satélite; (ii) Reconhecimento em campo dos limites identificados em laboratório, com checagem da interpretação e correção a partir de dados altimétricos coletados em campo utilizando um GPS e altímetro digital de precisão; (iii) Ajuste final dos limites, cruzando as informações das etapas i e ii; e (iv) O cálculo da área da bacia e perímetro foram feitos a partir do método gráfico.

2.1.3 Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica

2.1.3.1 Morfometria da bacia hidrográfica

De posse da delimitação da área da bacia, obtiveram-se diferentes características físicas, como: área da bacia, perímetro, coeficiente de compacidade,

³

Global Position System

fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água.

2.1.3.2. Coeficiente de compacidade

O coeficiente de compacidade (K_c) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. De acordo com Villela; Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu K_c for mais próximo da unidade. O K_c foi determinado baseado na seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

sendo: K_c o coeficiente de compacidade, P o perímetro (m) e A a área de drenagem (m^2).

2.1.3.3 Fator de forma

O fator forma (F) relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão).

A forma da bacia, bem como a forma do sistema de drenagem, pode ser influenciada por algumas características, principalmente pela geologia. Podem atuar também sobre alguns processos hidrológicos ou sobre o comportamento hidrológico da bacia. Segundo Villela; Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior. O fator de forma (F) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

sendo F é o fator de forma; A, a área de drenagem (m²) e L, o comprimento do eixo da bacia (m).

2.1.3.4 Índice de circularidade

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma se torna alongada. Para isso, utilizou-se a seguinte equação:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2} \quad (3)$$

Onde: IC é o índice de circularidade; A, a área de drenagem (m²) e P, o perímetro (m).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE USO DA TERRA

2.2.1 Levantamento dos diferentes usos da terra e utilização da água

Um questionário foi elaborado e aplicado aos agricultores que possuem propriedade na bacia hidrográfica do igarapé Carrapato para o conhecimento dos diferentes usos da terra (ver Anexo I). Nele constam dados como: identificação do proprietário, tamanho da área plantada, tipo de cultura, sistema de irrigação utilizado, especificações das bombas utilizadas, tempo de uso das bombas (horas.dia⁻¹) e futuras ampliações. A partir desses dados, estimaram-se as demandas atual e futura de uso da água pelas propriedades. As informações sobre a ocupação do solo foram complementadas com pesquisas realizadas nas diversas instituições que respondem pela regularização fundiária: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA, Instituto de Terras de Roraima – ITERAIMA e Prefeitura Municipal de Boa Vista.

Estimou-se a vazão passível de ser explorada com base na potência das motobombas já instaladas nas propriedades agrícolas e considerando-se a equação (4), descrita por Bernardo; Soares; Mantovani (2006):

$$P = \frac{Q \cdot H}{75 \cdot n} \quad (4)$$

Onde: P= Potência da motobomba (cv), obtida em cada questionário;

H= Altura manométrica (adotou-se 30m);

n= Rendimento (adotou-se 50%);

Q= vazão bombeada, em L.s⁻¹

Com a equação acima, a vazão passível de ser bombeada foi calculada para cada propriedade e o somatório dessas vazões resulta na demanda passível de uso pelos produtores.

2.3 ELEMENTOS CLIMÁTICOS E HIDROLÓGICOS

2.3.1 Precipitação pluviométrica

Neste trabalho foram utilizados os dados diários de precipitação registrados no Campo Experimental Monte Cristo, da EMBRAPA, localizado no ponto médio do curso do igarapé, margem direita (EMBRAPA, 2008). A estação pluviométrica já faz registros desde janeiro de 1992. Para efeito de comparação, foram utilizados os dados obtidos junto ao Aeroporto Internacional de Boa Vista (CINDACTA, 2008), distante cerca de 3 km em linha reta da bacia.

2.3.2 Balanço hídrico climatológico e Evapotranspiração potencial (ETp)

O Balanço hídrico climatológico foi calculado conforme o método estabelecido por Thornthwaite & Mather em 1955 (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA, 1997), que utiliza os dados de temperatura do ar, precipitação e latitude do local (Considerou-se a latitude do ponto 1 de coleta da água, ou seja, 02° 52' 53" N), para uma Capacidade de Armazenamento de Água (CAD) no perfil do solo de 100 mm. O

balanço hídrico climatológico foi calculado com o uso da ETp estimada pelo método de Penman-Monteith – FAO, utilizando-se o programa Microsoft Office Excel 2003, segundo cálculos da planilha BHídrico GD V. 3.2 (D'ANGIOLELLA; VASCONCELLOS, 2002)).

Os dados climáticos (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento) foram coletados junto à base aérea de Boa Vista, enquanto para precipitação considerou-se a ocorrência na Embrapa Roraima, campus do Monte Cristo, que localiza-se dentro da bacia do Carrapato.

2.3.3 Determinação das vazões

As vazões foram determinadas com base na velocidade da corrente, numa dada secção transversal do canal do igarapé Carrapato. O produto da velocidade de escoamento pela área da secção transversal dá a vazão.

A velocidade da corrente foi medida com o auxílio do molinete fluviométrico marca JCTM, Modelo MLN-7 a cada mês (figura 2a). O molinete fornece, através do giro de sua hélice, o número de pulsos em função de um intervalo de tempo ($n.s^{-1}$), o qual, através das fórmulas específicas do aparelho, fornece a velocidade:

$$p/0,00 \leq n \leq 1,34; V = 0,58 + n * 25,69$$

$$1,34 < n < 3,95; V = 1,68 + n * 24,87$$

$$3,95 \leq n \leq 10,00; V = - 0,69 + n * 25,47$$

A determinação da seção transversal foi feita com o uso de trena e a própria haste metálica graduada do molinete, medindo-se a profundidade a cada metro (figura 2b). Para os cálculos, utilizou-se o aplicativo computacional Microsoft Office Excel 2003.

As medições foram feitas a cada 30 dias, a partir de fevereiro de 2007, na ponte da estrada vicinal BVA - 349 (Estrada do Bom Intento), localizada a menos de 1 km de sua foz e é bem representativo, uma vez que a jusante, a bacia é muito pouco utilizada, com apenas quatro propriedades, sendo que somente uma utiliza água do igarapé para irrigação. Sendo assim, praticamente todas as atividades estão a montante desse ponto.

Na estação seca, de baixo fluxo, as medições foram feitas a jusante da ponte, aproveitando-se um estreitamento natural do leito do igarapé, ao passo que na

estação chuvosa, alto fluxo, foi utilizado o vão da ponte, o qual encaixa o fluxo de água.

O período do estudo foi de 13 meses, a fim de abranger um ciclo hidrológico completo, realizado entre fevereiro de 2007 e março de 2008, sempre em meados de cada mês.



Figura 2 - Detalhes da medição da seção molhada (a) e do molinete (b) usado na determinação das vazões do igarapé Carrapato, em Roraima.

2.3.4 Análise dos parâmetros físico-químicos da água

Para este estudo, no que se refere às características físico-químicas importantes para uso da água na irrigação, foram determinados *in loco* os parâmetros: pH e CE. A turbidez foi medida em laboratório.

Os teores de cálcio, magnésio, ferro, sódio e potássio foram determinados em laboratório e medidos no período mais seco, de novembro de 2007 a março de 2008, quando há maior captação de água e as concentrações desses elementos estão mais altas.

Os frascos para coleta de água foram de polietileno com tampa rosqueável, com capacidade para 350 ml. Os procedimentos para a preparação dos frascos para as coletas e para a preservação das amostras seguiram a norma NBR 9898 (ABNT, 1987), tendo as amostras sido analisadas no dia seguinte, no período da manhã. As coletas foram feitas a 0,10m de profundidade.

Quatro pontos de coleta de dados e de amostras de água foram definidos (Figura 3): ponto 1, no mesmo local de medição das vazões ($02^{\circ} 52' 53''$ N e $54^{\circ} 40' 44''$ W); ponto 2, no local de captação de água do Campo Experimental da

EMBRAPA (02° 57' 05" N e 54° 42' 32" W); ponto 3, no local denominado de “banho do Sullivan”, escolhido por se tratar de banho público e área agrícola irrigada, com boa declividade (02° 57' 32" N e 54° 42' 23" W); e, ponto 4 que se localiza a jusante da captação de água para o pivô central da fazenda Tanzânia (02° 57'30" N e 54° 44' 00" W). Para a localização dos pontos, foi utilizado um GPS de navegação modelo GARMIN 12.



Figura 3 - Pontos de coleta de amostras de água para determinação dos parâmetros físicos químicos (ver figura 1).

O pH foi medido com potenciômetro portátil, marca HOMIS, modelo pH-208 e a CE com condutivímetro portátil marca INSTRUTHERM Modelo CDR-870, o qual ajusta as leituras para temperatura de 25°C.

Para as determinações da turbidez usou-se o turbidímetro de bancada da marca TECNOPON, modelo TB 1000 do Laboratório de Manejo e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agrárias da UFRR; para determinação dos teores de sódio e potássio foi utilizado o fotômetro de chama marca DIGIMED, modelo DM – 62 do mesmo laboratório; para cálcio, magnésio e ferro total, no Laboratório de Solos da

EMBRAPA – Roraima, foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) marca PERKIN ELMER, modelo A Analyst 200.

2.3.5 Tratamento estatístico

Os dados foram tabulados e trabalhados em termos de Estatística Descritiva, sendo apresentados gráficos demonstrativos do comportamento dos principais parâmetros físico-químicos da água, em relação à condutividade elétrica da água.

Também foram feitos gráficos relacionando a vazão com os valores de precipitação ocorridos nos períodos anteriores a cada coleta de vazão e para algumas variáveis, buscou-se estabelecer uma equação de regressão, com o respectivo coeficiente de regressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS FISIAGRÁFICAS DA BACIA

Segundo Lima (1986), as características geomorfológicas da bacia (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo) e cobertura vegetal interferem no comportamento hidrológico da bacia.

As características fisiográficas da bacia estão apresentadas na tabela 2:

Tabela 2 - Algumas Características fisiográficas da bacia hidrográfica do igarapé Carrapato, em Roraima.

Área de drenagem	84,71 km ²
Perímetro	58,3 km
Comprimento do leito principal	16,5 km
Diferença entre cotas mínima (70m) e máxima (120m)	50,0 m
Cota média da bacia	86,0 m
Fator de forma (F)	0,311
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,77
Índice de circularidade (IC)	0,313
Declividade	0,3%

A forma superficial da bacia é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a água precipitada tenha escoado pelo exutório.

De acordo com os resultados, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do igarapé Carrapato mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, devido ao valor do coeficiente de compacidade (Kc) apresentar-se afastado da unidade (1,77) e seu fator de forma (F) exibir um valor baixo (0,311). Assim, há uma indicação de que a bacia possui uma tendência de forma alongada. O índice de circularidade (IC) de 0,313, portanto distante da unidade, vem confirmar isso. Em bacias com forma circular, há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal, sendo mais susceptível a enchente (VILELA; MATTOS, 1975).

A declividade da bacia (desnível pelo comprimento do leito principal) mostra-se com 0,3%, demonstrando relevo plano, existindo algumas variações devido à formação geológica, apresentando afloramentos de basalto caracterizando os

pontos altos e, nas regiões mais planas, arenitos e solos siltico-arenosos da Formação Boa Vista. Na desembocadura da bacia, a presença de terraços lateríticos controla a topografia formando um terreno levemente acidentado (figura 4).

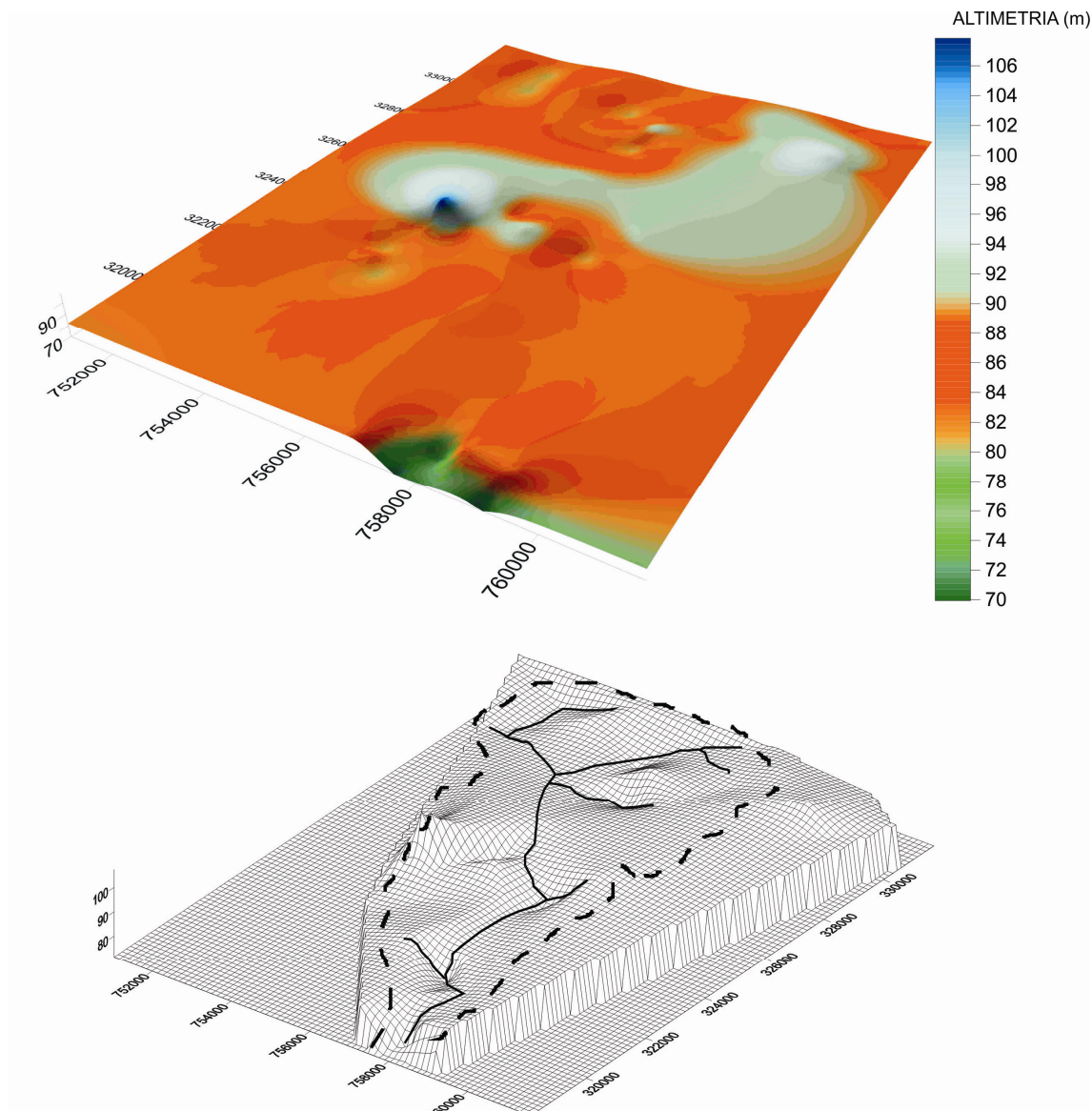


Imagem: Prof. Dr. Fábio L. Wankler

Figura 4 - Modelo tridimensional do terreno drenado pela bacia hidrográfica do igarapé Carrapato

A rede de drenagem da bacia é retangular, tendendo a dendrítico, apresentando 54% de seu território ocupado por lagos, com maior concentração no trecho superior, ao Norte da bacia (SANDER et al., 2007). Segundo os autores,

esses lagos permanecem cheios durante a estação chuvosa, apresentando canais de intercomunicação com os lagos formadores de outras bacias, que também drenam essa área; no período seco, esses lagos apresentam um leito sem afloramento do lençol freático, de sedimentos acinzentados, pelo acúmulo de matéria orgânica, sendo importantes para a manutenção do curso de água.

Toda a região onde está a bacia é ocupada pela savana dos Campos do Rio Branco (IBAM, sd), caracterizada por um vasto e plano tapete graminoso, com ondulações onde ocorre vegetação arbustiva nas cotas médias e baixas da bacia e ocorrência de formações lacustres na parte superior, lagos esses que abastecem extensa rede de drenagens ladeadas por uma mata ciliar, onde predomina o buriti (*Mauritia flexuosa*). Uma delas é o curso do igarapé Carrapato.

A figura 5 mostra o mapa de caracterização da área de pesquisa, destacando alguns pontos da bacia.

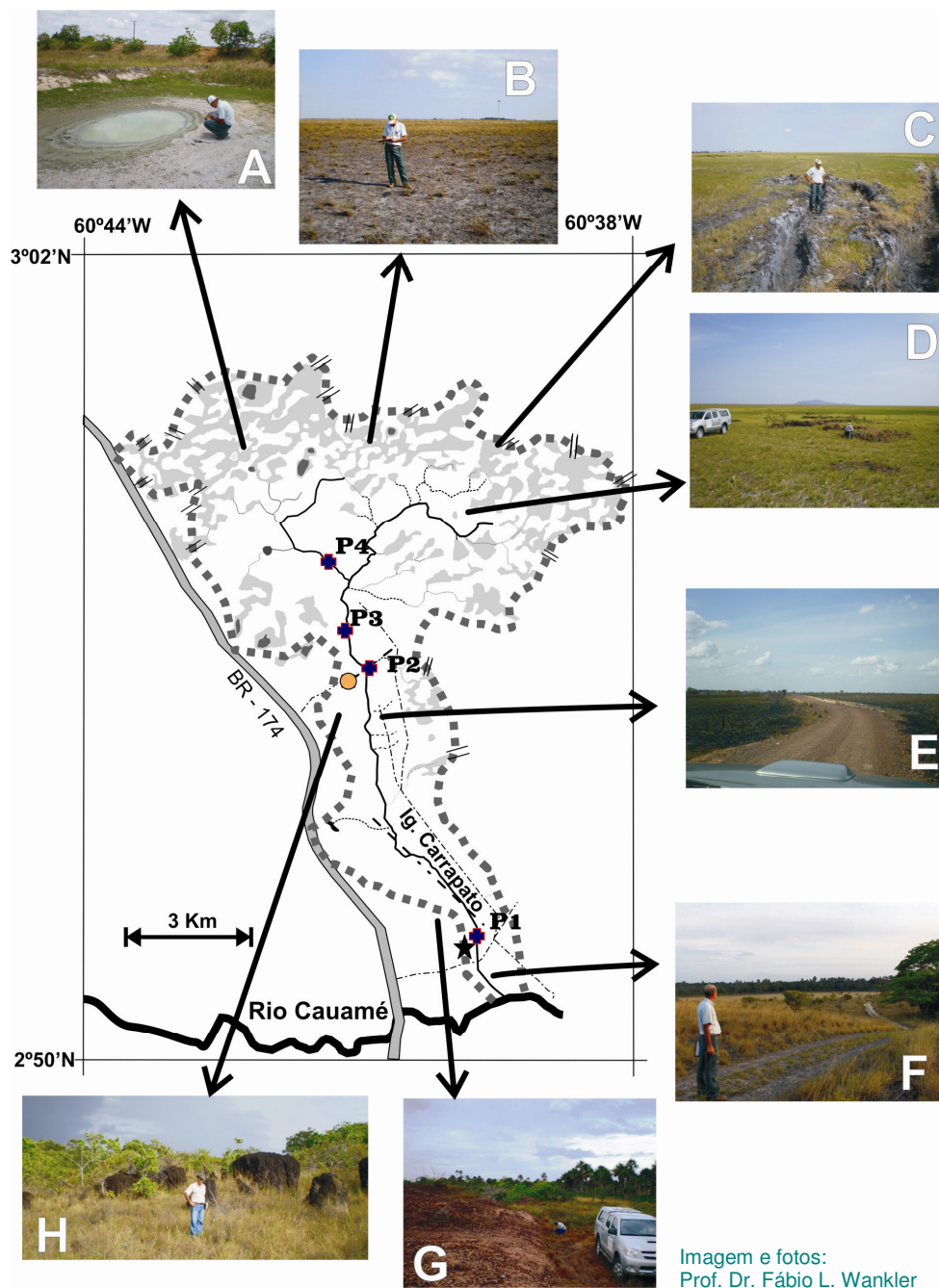


Figura 5 - Área da pesquisa, caracterizando os diversos pontos da bacia hidrográfica do igarapé Carrapato, em Roraima

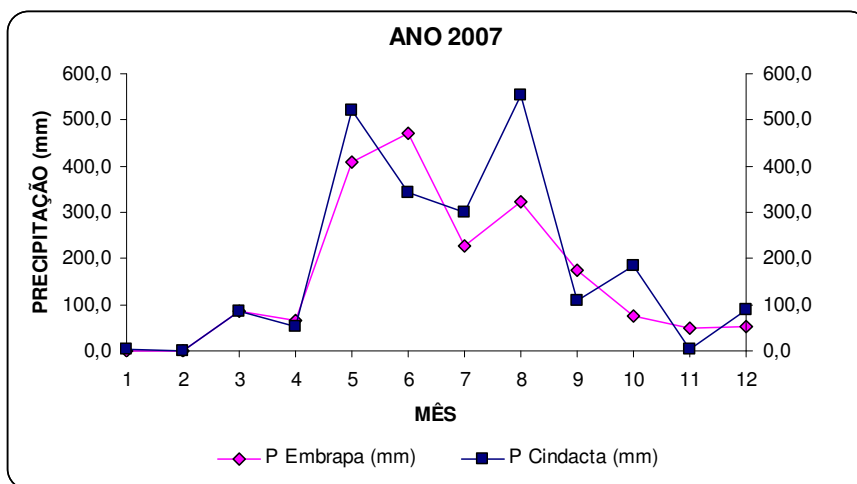
A) lago permanente na bacia – observar que o mesmo estava quase seco no período em que foi tirada a foto (10/04/2008); B) áreas alagadas na região de montante da bacia com acumulação de matéria orgânica no leito dos lagos; C) seção do solo (horizonte «A») uma área alagada de montante, cuja profundidade é indicada pelo autor da pesquisa; D) afloramento de lateritas no divisor de água da

bacia; E) aspecto da savana após queimada recente; F) vista da planície de inundação a jusante do local de medição das vazões – observe depressão limitada pelos terraços lateríticos; G) área de extração de lateritas na Fig. E – observe ainda a proximidade do terraço do leito do canal (mata ciliar à direita); e, H) Afloramento de lateritas.

3.2 ANÁLISE DOS PARÂMETROS HIDROLÓGICOS DA BACIA

3.2.1 Precipitações

Os dados de precipitação ocorridos na bacia hidrográfica do Carrapato foram obtidos de duas fontes. A primeira, localizada dentro da própria bacia, é da Embrapa Roraima, campus experimental do Monte Cristo. A segunda fonte foi da base aérea de Boa Vista, distante da bacia cerca de 2 km. Vê-se que os dados de precipitação coletados na base aérea mostraram-se ligeiramente superiores nos meses de maio, julho, agosto, outubro e dezembro, do que os da Embrapa (figura 6). Isso resultou em 1937,2 mm e 2249,6 mm de precipitação anual coletados na Embrapa e na base aérea de Roraima, respectivamente. Esses valores são normais e demonstram a variabilidade espacial das precipitações pluviométricas, assumindo uma importância cada vez maior, quanto maior for a área da bacia hidrográfica em questão.



Fontes: Embrapa (2008) e Cindacta (2008)

Figura 6 – Dados de precipitação (mm) ocorridos no ano de 2007 no posto agrometeorológico da Embrapa (Campo Monte Cristo) e na base aérea de Boa Vista. Roraima em 2008.

3.2.2 Precipitações versus vazões

Durante o ano de 2007, as precipitações e vazões mensais ocorridas na bacia do Carrapato são relacionadas na figura 7. Verifica-se uma demora na resposta da vazão em relação à precipitação, decorrente da própria dinâmica da água em dirigir-se ao talvegue. Essa resposta é mais rápida quanto mais facilmente escoar a água precipitada, decorrente da maior declividade do solo, presença de vegetação, classe de solo predominante e das características morfométricas da bacia.

No caso presente, verifica-se que a bacia possui uma forma alongada e uma declividade muito baixa, mostrando um relevo bastante plano, o que resultou numa demora na resposta das vazões, frente às precipitações ocorridas. Ademais, como se poderá ver mais adiante, a cobertura vegetal original predomina em toda a bacia, aumentando o tempo que a água do interior da bacia levará para atingir sua foz (tempo de concentração).

A menor vazão foi observada no mês de abril com valor de $0,293 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; enquanto a maior, no mês de julho com valor de $6,590 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

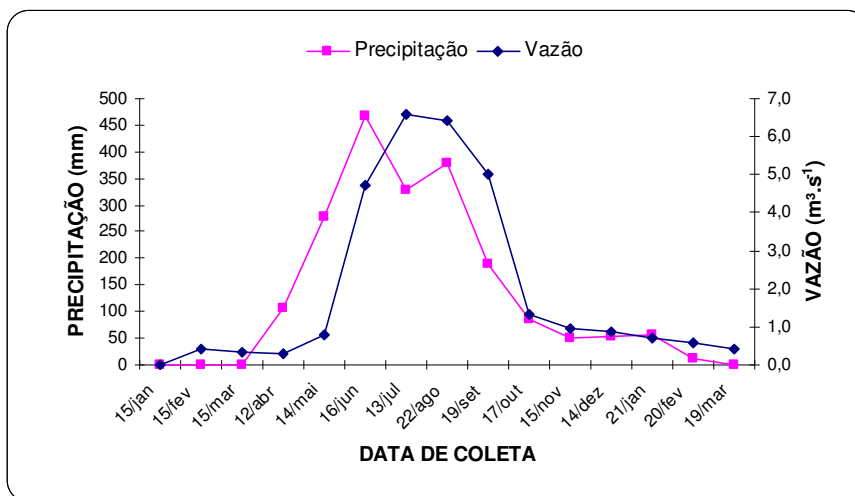


Figura 7 - Comportamento das vazões e da pluviometria da bacia do igarapé Carrapato em Roraima.

3.2.3 Balanço hídrico

O Balanço hídrico climatológico para a Bacia do Carrapato é apresentado na tabela 3.

Tabela 3 - Balanço hídrico para o igarapé Carrapato, durante o ano de 2007.

2007 Meses	ETP Mm	P- mm	NEG- AC	ARM mm	ALT mm	ETR mm	DEF mm	EXC mm
Jan	138,0	-	-273,3	6,5	-18,9	20,5	117,5	0,0
Fev	157,6	-	-434,3	1,3	-5,2	5,2	152,4	0,0
Mar	139,6	-55,0	-482,8	0,8	-0,5	85,1	54,5	0,0
Abr	83,1	-18,5	-511,6	0,6	-0,2	64,8	18,3	0,0
Mai	83,7	325,9	0,0	100,0	99,4	83,7	0,0	226,5
Jun	69,2	403,8	0,0	100,0	0,0	69,2	0,0	403,8
Jul	73,1	153,3	0,0	100,0	0,0	73,1	0,0	153,3
Ago	76,5	247,7	0,0	100,0	0,0	76,5	0,0	247,7
Set	86,7	87,8	0,0	100,0	0,0	86,7	0,0	87,8
Out	100,4	-24,0	-24,0	78,7	-21,3	97,7	2,7	0,0
Nov	119,5	-69,7	-93,6	39,2	-39,5	89,3	30,2	0,0
Dez	96,0	-43,5	-137,0	25,4	-13,8	66,3	29,7	0,0
Média	102,0	59,5	-163,1	-	-	68,2	33,8	93,3
Total/An o	1223, 4	713,8	- 1956,6	-	-	818,1	405,3	1119,1

ETP= evapotranspiração potencial; P= precipitação; NEG-AC= negativo acumulado; ARM= armazenado; ALT= alteração de armazenamento; ETR= evapotranspiração real; DEF= deficiência hídrica; EXC= excedente hídrico.

Dois períodos distintos são observados: um período de sete meses de déficit hídrico, tendo início em outubro e fim em abril; e outro de cinco meses onde ocorre excesso hídrico, abrangendo de maio a agosto. O total de déficit contabilizado foi de 405,3 mm, enquanto o excesso foi de 1119,1 mm.

É importante comentar que o uso da água da bacia hidrográfica do Carrapato torna-se mais intenso exatamente no período seco, ou seja, na maior parte do ano. Isso pode acarretar problemas à medida que o curso de água for sendo utilizado para abastecimento ou irrigação, por exemplo. Segundo Cardoso; Mantovani; Costa (1998), no Brasil, quase metade da água consumida destina-se à agricultura irrigada. Em nível mundial, a agricultura consome cerca de 69% de toda a água

derivada das fontes (rios, lagos e aquíferos subterrâneos) e os outros 31% são consumidos pelas indústrias e uso doméstico (CHRISTOFIDIS, 1997).

3.3 QUALIDADE DA ÁGUA

3.3.1 pH

A tabela 4 apresenta os valores médios de pH da água do igarapé Carrapato para as estações seca e chuvosa. Em cada ponto medido, observou-se uma tendência para acidez com valor médio geral de 5,20 para o período seco e de 5,93 para a estação chuvosa. Os valores revelaram águas ácidas, assemelhando-se aos valores observados nos solos da bacia (VALE JUNIOR, 2003).

Tabela 4 - Valores médios de pH para as águas do igarapé Carrapato, em Roraima.

PONTO	ESTAÇÃO SECA	ESTAÇÃO CHUVOSA	DIFERENÇA
1	5,46	5,96	0,50
2	5,15	6,30	1,15
3	5,42	5,63	0,21
4	4,78	5,84	1,06
Média Geral	5,20	5,93	

Os pontos 2 e 4 tiveram uma maior variação ao longo do ano, o que explica a maior diferença entre os valores médios de cada período climático, nesses pontos. Essa variação se deveu ao aumento da acidez no período chuvoso, com valores mínimos em outubro, para ambos os pontos.

Esse comportamento poderia ser explicado pelas baixas concentrações de substâncias tampão (íons carbonatos e hidroxilas) do sistema bicarbonato/gás carbônico (BAIRD, 2002). Porém isso é contrariado pelo comportamento do pH nos pontos 1 e 3, que mantiveram regularidade durante todo ano, refletido no baixo diferencial entre os dois períodos. Como não foi registrado nenhum outro fenômeno

que pudesse explicar tal comportamento, depreende-se que sejam necessários estudos mais acurados desse parâmetro.

Sioli (1956) observou predomínio de águas fortemente ácidas e extremamente pobres em sais dissolvidos na região da savana roraimense, os quais se encaixam na classificação como águas claras, apresentando pH entre 4,7 e 5,2. Gomes (2000) e Vital (2004) encontraram valores aproximados para o igarapé Água Boa, localizado no município de Boa Vista, de características semelhantes quanto à sua origem e nível de antropização. Gomes (2000) atribuiu o aumento do pH no período chuvoso, à maior diluição das concentrações dos sais dissolvidos. Para outros corpos hídricos com as mesmas características e na mesma região, porém, com maior grau de degradação, Vital (2004), encontrou valores de pH mais elevados.

3.3.2 Condutividade elétrica (CE)

A concentração iônica, indicada pela CE, é influenciada pelo regime hidrológico do curso de água. Os valores da CE obtidos confrontados com a precipitação estão indicando uma relação inversa entre as curvas, devido ao efeito de diluição dos elementos dissolvidos na água, com o aumento da vazão (figura 8).

A CE é a capacidade da água em conduzir uma corrente elétrica, sendo variável conforme a concentração dos íons presentes na solução (ESTEVEZ, 1998; HERMES; SILVA, 2004).

O uso de água de irrigação com altas concentrações iônicas pode induzir à salinização do solo, com reflexo direto na produtividade, conforme demonstrado por Gervásio; Carvalho; Santana (2000), em experimento com alface americana, dependendo dos íons presentes na água.

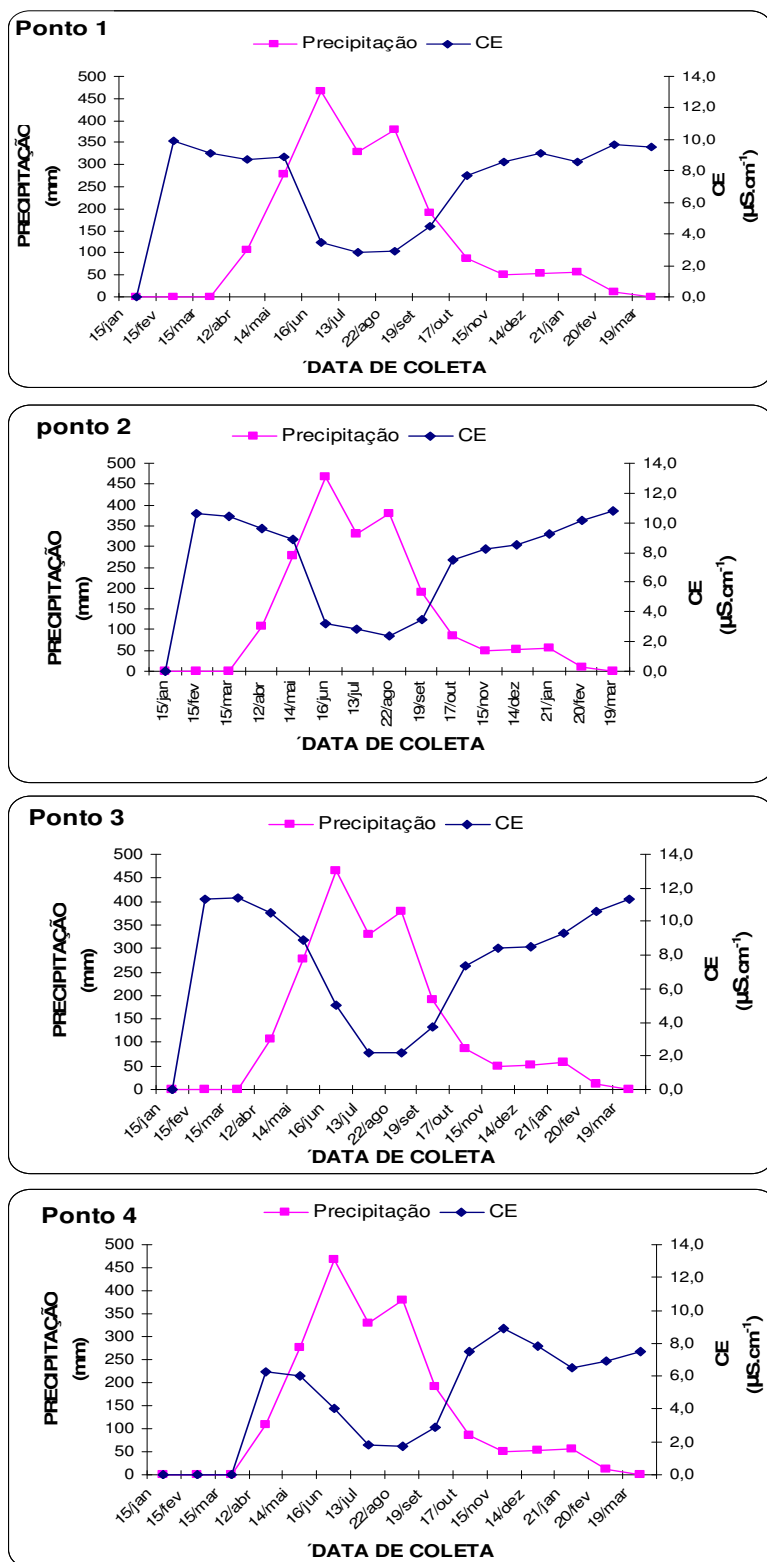


Figura 8 – Distribuição temporal e espacial dos dados de condutividade elétrica e precipitação, para as águas do igarapé Carrapato, em Roraima.

Variações da CE podem indicar carreamento de agroquímicos e despejo de efluentes, além de outros processos poluidores no interior da bacia (HERMES; SILVA, 2004).

Conforme Fenzl (1988), a condutividade da água pura é de $4,2 \cdot 10^{-2} \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e da água destilada varia entre 0,5 a $5,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Para as águas do igarapé Carrapato, a menor leitura foi de $1,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação úmida e a maior de $11,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação seca, indicando solos com baixa condutividade elétrica; portanto, baixa presença de sais e baixo risco de salinização dos solos, sendo classificados com C1. Segundo a USSL (1954) citado por Gheyi; Medeiros; Souza (1999), a Classificação das águas quanto ao risco de salinização do solo é dividida em baixo nível – C1 (CE < $250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), médio- C2 (CE de 250 a $750 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alto - C3 (CE de 750 a $2.250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) e muito alto – C4 (CE > $2.250 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

No ponto 4 as coletas foram iniciadas somente no mês de abril, o que explica os zeros do gráfico.

Nos pontos 1 e 2 houve uma alteração na tendência de queda, no mês de maio, mesmo com o aumento na precipitação, diluindo as concentrações. A causa mais provável seria a utilização de insumos em alguma propriedade localizada a jusante do ponto 3, com o conseqüente carreamento de íons para o curso de água.

Arcova; Cicco (1999), trabalhando em bacias do Estado de São Paulo, cobertas com florestas nativas e agricultura, encontraram valores entre $8,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e $22,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ os quais os autores consideraram indicadores de baixo nível de degradação. Vanzela et al. (2003), estudando uma bacia intensamente degradada pela antropização, no Noroeste do Estado de São Paulo, encontraram valores entre $89,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na região da nascente e $473,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ próximo à sua foz.

Gomes (2000), estudando o igarapé Água Boa, localizado no Município de Boa Vista e com características semelhantes com as do igarapé Carrapato, encontrou valores entre $4,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e $129,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, para os períodos chuvoso e seco, respectivamente. A autora sugere que o aumento da condutividade no período seco se deve à lixiviação de cinzas oriundas das queimadas, abundantes nessa época, em toda a região. Vital (2004) e Sant'Ana (2006), estudando o mesmo igarapé Água Boa, encontraram condutividades baixas, sendo que a segunda classificou a água como águas claras.

3.3.3 Teor de Ferro total

A figura 9 mostra as concentrações de ferro total, bem como sua correlação com a condutividade elétrica. Como se pode observar, os valores encontrados indicam baixo nível de ferro nas águas superficiais da bacia, conforme sua condição de águas claras, pobres em sais, como preconizado por Sioli (1956).

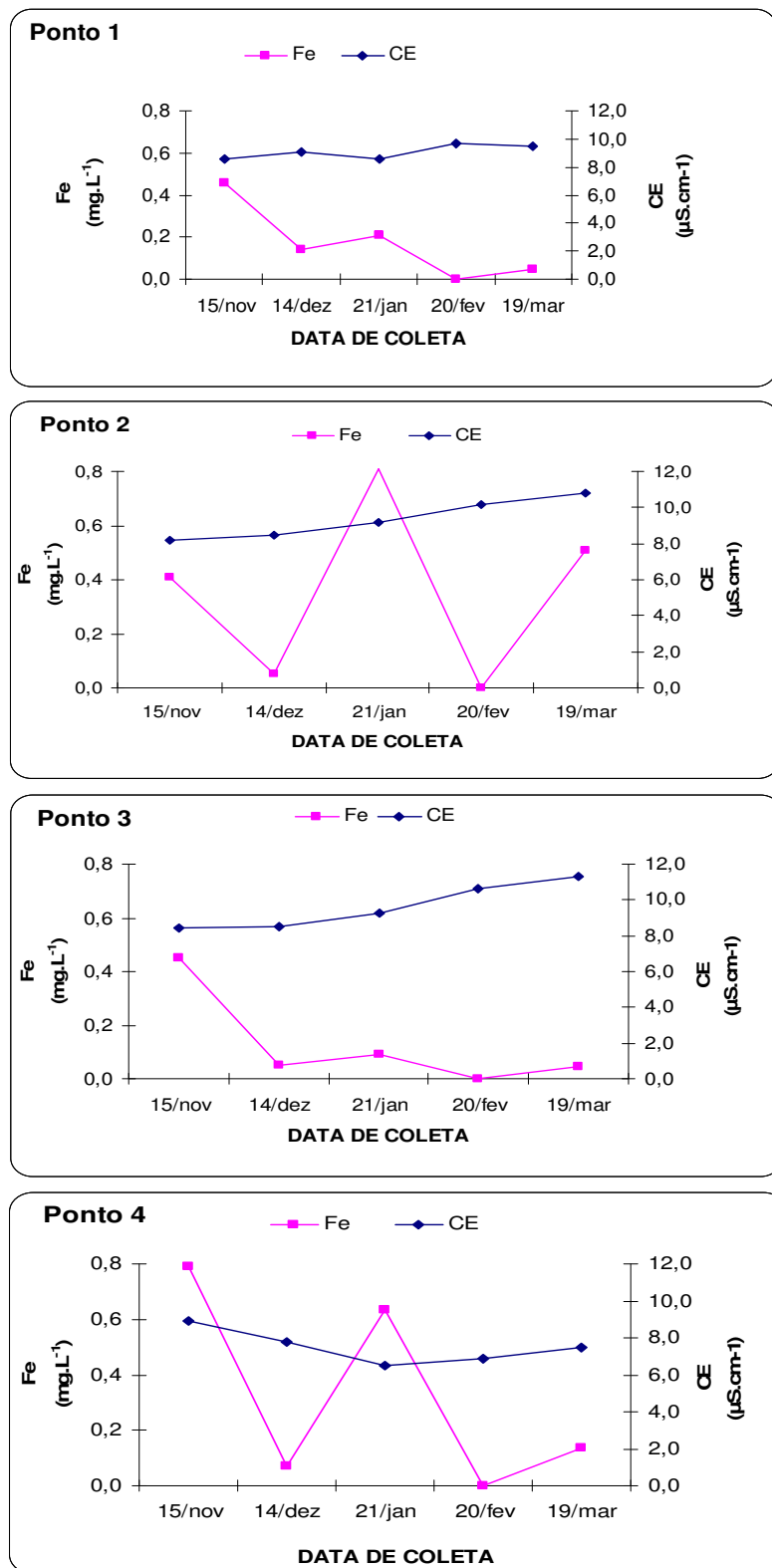


Figura 9 - Distribuição temporal e espacial das concentrações de ferro total e da condutividade elétrica, para as águas do igarapé Carrapato, em Roraima.

A tabela 5 mostra as relações entre as concentrações de ferro total e as condutividades em cada ponto amostrado. Para os pontos 1 e 3, a concentração de ferro total mostrou relação inversa, mais acentuada no ponto 1. Nos demais pontos de coleta, a relação foi muito baixa. Indicando, no geral, ausência de correlação.

Tabela 5 - Parâmetros das equações de regressão linear ($Y = a + bX$) com seus coeficientes de determinação para as relações do ferro dissolvido com a condutividade elétrica nas águas do igarapé Carrapato em Roraima.

Ponto	a	b	R ²
1	-2,45	9,51	0,7475
2	0,11	9,34	0,0010
3	-4,12	10,15	0,3461
4	0,89	7,23	0,1207

Contrariamente, Esteves (1998) determinou que quanto maior a concentração de íons, maior a CE. No entanto, em águas muito puras, ocorre fenômeno inverso, aumentando a resistência e, portanto, diminuindo a condutividade. Schäfer (1984) mostra que essa resistência ocorre pela baixa dissociação da molécula de água em $[H^+]$ e $[OH^-]$. Isso talvez explique a baixa relação entre as concentrações de ferro encontradas e a CE, para as águas claras e, portanto, pobres em sais dissolvidos, do igarapé Carrapato. Uma segunda explicação seria o fato de que não se determinou a concentração de ferro dissolvido (Fe^{2+}) em separado, sendo que o ferro trivalente (Fe^{3+}), forma compostos insolúveis e, portanto, não interfere na CE (NAKAYAMA; BUCKS, 1986 apud MAURO, 2003).

Uma terceira explicação estaria nos resultados encontrados por Gomes (2000). A autora, estudando outro igarapé na mesma região e com características próximas, encontrou teores de ferro total entre $0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ e $0,517 \text{ mg.L}^{-1}$, baixa no período seco e relativamente alta no período chuvoso, atribuindo os resultados à lixiviação do ferro do solo, liberado pela oxidação das crostas ferruginosas constituintes da formação Boa Vista. Como visto anteriormente, a relação entre a condutividade e a precipitação é inversa, mascarando a influência que os íons de ferro dissolvidos na água teriam na condutividade.

3.3.4 Teores de Cálcio, Magnésio

A figura 10 apresenta os resultados para a precipitação e as concentrações de cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} , distribuídos de forma temporal e espacial. As concentrações de cálcio variaram entre $0,25 \text{ mg.L}^{-1}$ no Ponto 2, no mês de dezembro e $1,61 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto 2, em março. No dia da coleta realizada no mês de dezembro, apesar do período seco, ocorreu uma chuva sazonal, provocando aumento na vazão normal do curso de água, o que poderia ter provocado uma queda brusca nas concentrações de cálcio, nos pontos 1, 2 e 3. Entretanto, para outros elementos, essa interferência foi menor.

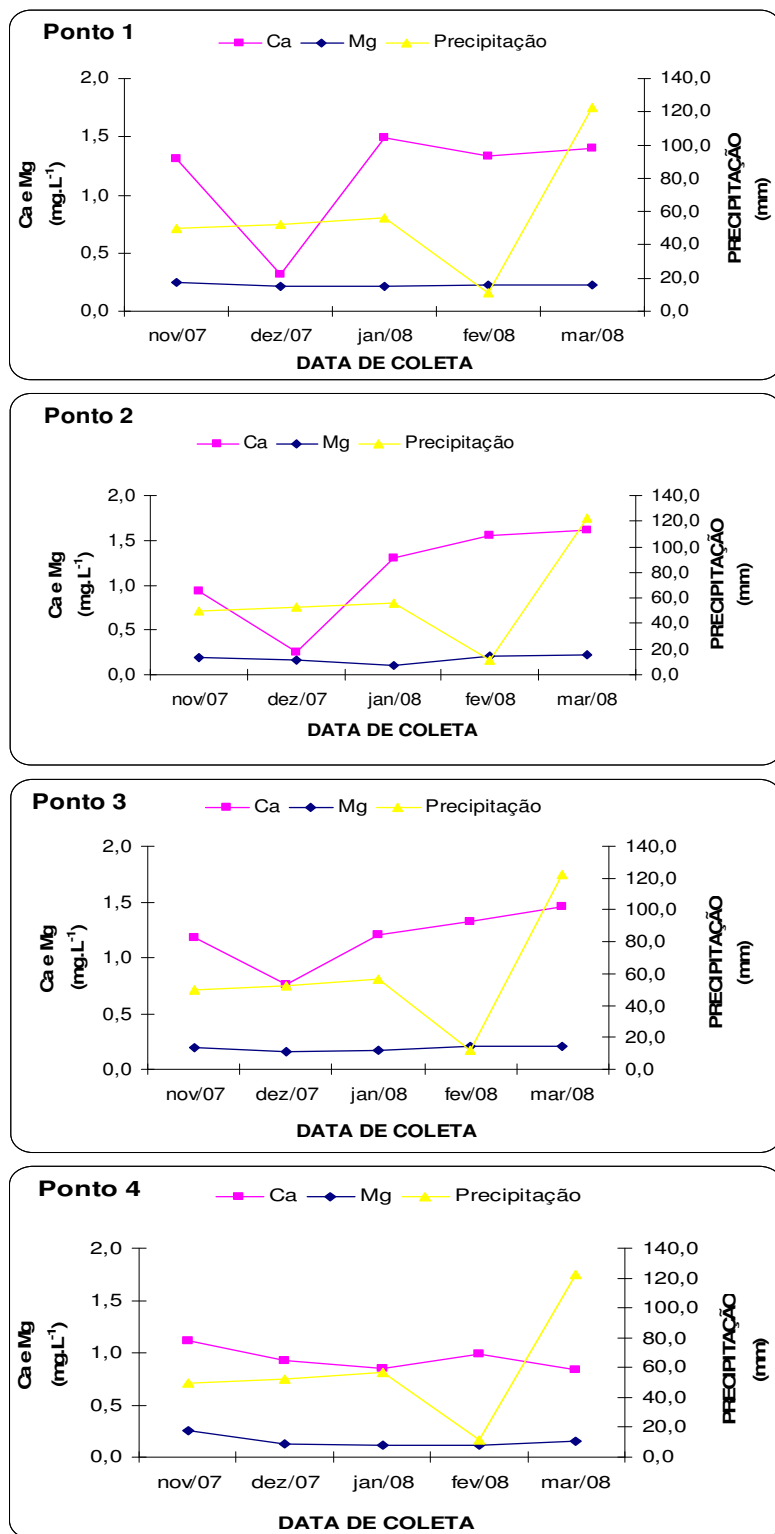


Figura 10 - Valores dos teores de cálcio e magnésio, em mg.L⁻¹, para as águas do igarapé Carrapato, em Roraima, em relação à precipitação ocorrida em quatro pontos distintos do curso d'água.

Normalmente, os solos de cerrado apresentam baixos teores de cálcio e magnésio, revelando a necessidade da aplicação de calcário para produção agrícola. Aparentemente, mesmo sendo o cálcio um elemento pouco móvel no solo (LUCHESE; FAVERO; LENZI, 2002) observou-se valores desse elemento que sugerem ter havido um carreamento até o curso de água, provavelmente devido ao uso de corretivos e fertilizantes nas propriedades agrícolas da bacia. Gomes (2000), estudando um igarapé da mesma região e de características muito semelhantes, encontrou valores para cálcio entre 0,02 mg.L⁻¹ e 0,39 mg.L⁻¹ e, para magnésio, entre n.d. (não detectado) e 0,10 mg.L⁻¹. Vanzela et al. (2003) encontraram valores entre 35,00 mg.L⁻¹ e 196,00 mg.L⁻¹ para o cálcio e 18,00 mg.L⁻¹ e 106,00 mg.L⁻¹ para o magnésio em um córrego degradado, em Argissolo Vermelho, na região noroeste do Estado de São Paulo.

As concentrações dos íons cálcio e magnésio, que resultam na dureza das águas, revelam valores entre 0,25 e 1,61 mg.L⁻¹ para o cálcio e entre 0,10 e 0,25 mg.L⁻¹ para o magnésio. Esses, entretanto, em tubulações de irrigação podem provocar incrustações, estão abaixo das diretrizes para a água de irrigação apresentada por Lucas (2007), indicando que não há restrição para seu uso para tal finalidade.

3.3.5 Teor de Sódio e Relação de Adsorção de Sódio (RAS)

A figura 11 apresenta os dados obtidos para as análises do teor de sódio, associados à precipitação. As concentrações variaram entre n.d. no Ponto 2 no mês de dezembro e 1,00 mg.L⁻¹ nos Pontos 2 e 3 em março, ficando abaixo dos índices propostos por Irion (1976 apud SCHÄFER, 1984) para águas claras naturais. Gomes (2000) encontrou concentrações entre n.d. e 0,10 mg.L⁻¹ para um igarapé da mesma região e com características semelhantes.

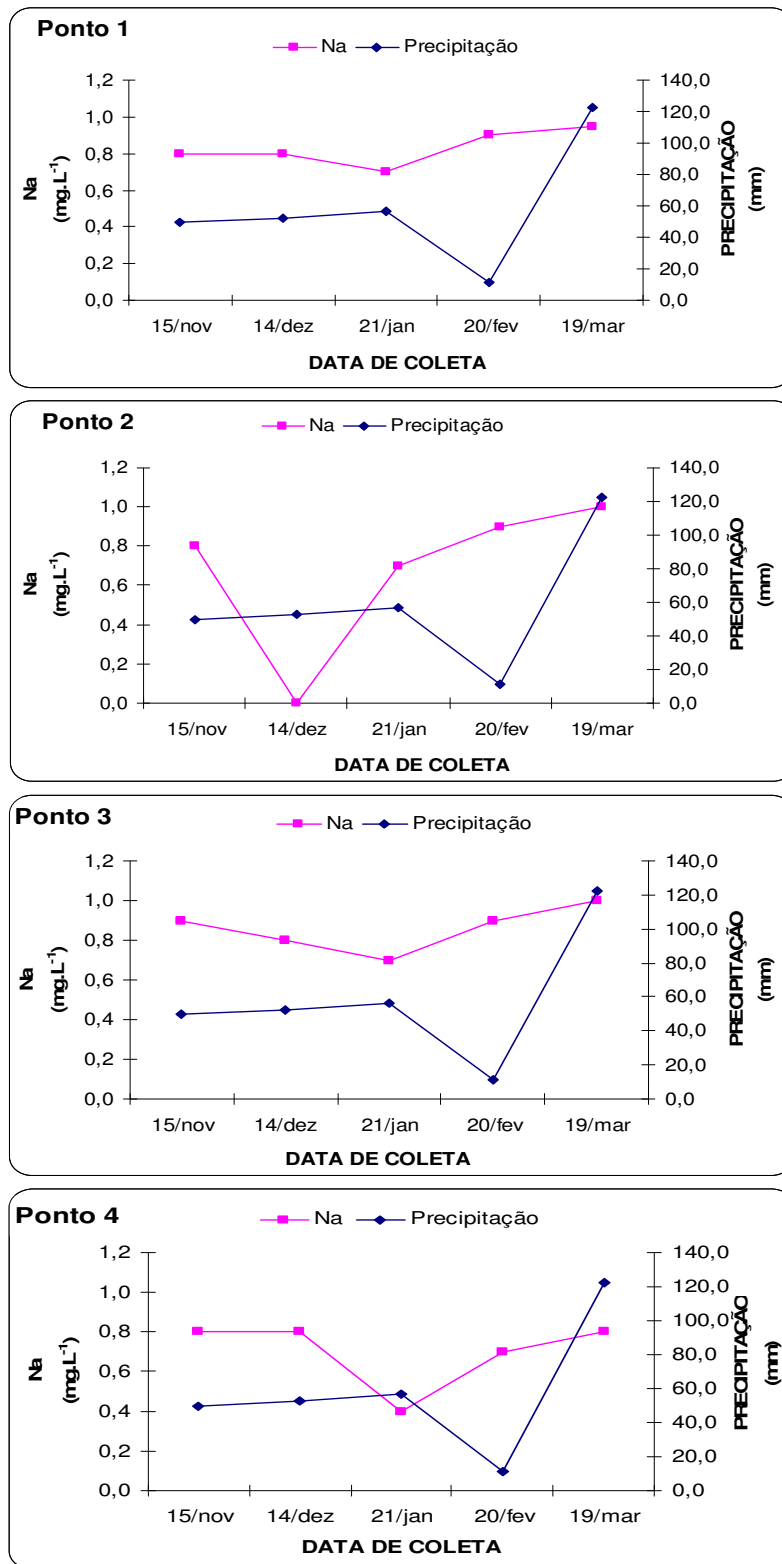


Figura 11 - Valores do teor sódio para as águas do igarapé Carrapato, em Roraima, em relação à precipitação.

A composição química da água relativa ao teor de sódio e os cátions cálcio e magnésio podem ser expressos numa relação chamada Razão de Adsorção de Sódio (RAS), assumindo um papel preponderante para avaliar o risco de sodificação do solo, com o uso dessa água para fins de irrigação. Solos com essa característica possuem baixa percolação de água, dificultando o controle de sua salinização (MAIA; MORAIS; OLIVEIRA, 1998); (GHEYI; MEDEIROS; SOUZA, 1999). O problema principal é a ineficiência da irrigação, com reflexos econômicos, além de favorecer a formação de crostas, inundação da cultura e apodrecimento de sementes (GHEYI; MEDEIROS; SOUZA 1999), além de baixo rendimento das culturas.

Os valores de RAS variaram de 0,0 a 0,380, considerando todos os pontos e o período amostral. Portanto, águas classificadas como S1, ou seja, água com baixo risco de sodicidade, conforme a classificação de Richards (1954) citada por Gheyi,;Medeiros; Souza (1999). A regressão linear entre as concentrações de sódio e a CE da água, mostraram coeficientes de determinação de 0,4087, 0,3856, 0,3433 e 0,5402 para os pontos 1, 2, 3 e 4, respectivamente, indicando baixa influência do sódio na condutividade.

3.3.6 Teor de Potássio

Os teores de potássio obtidos nas águas do igarapé Carrapato associados à precipitação ocorrida no período são apresentados na figura 12, os quais se mantiveram abaixo dos padrões naturais apresentados por Irion (1976 apud SCHÄFER, 1984). As concentrações se mantiveram entre n.d. (não detectado) em todos os pontos, nos meses de novembro, dezembro e janeiro; e 0,50 mg.L⁻¹ no ponto 2 em fevereiro e março, no auge da estação seca, sendo que nos pontos 1, 3 e 4 os valores encontrados mantiveram-se dentro desse intervalo. Amorim et al. (2008) comentam que o teor de potássio considerado normal para o uso da água em irrigação varia de 0 a 2 mg.L⁻¹.

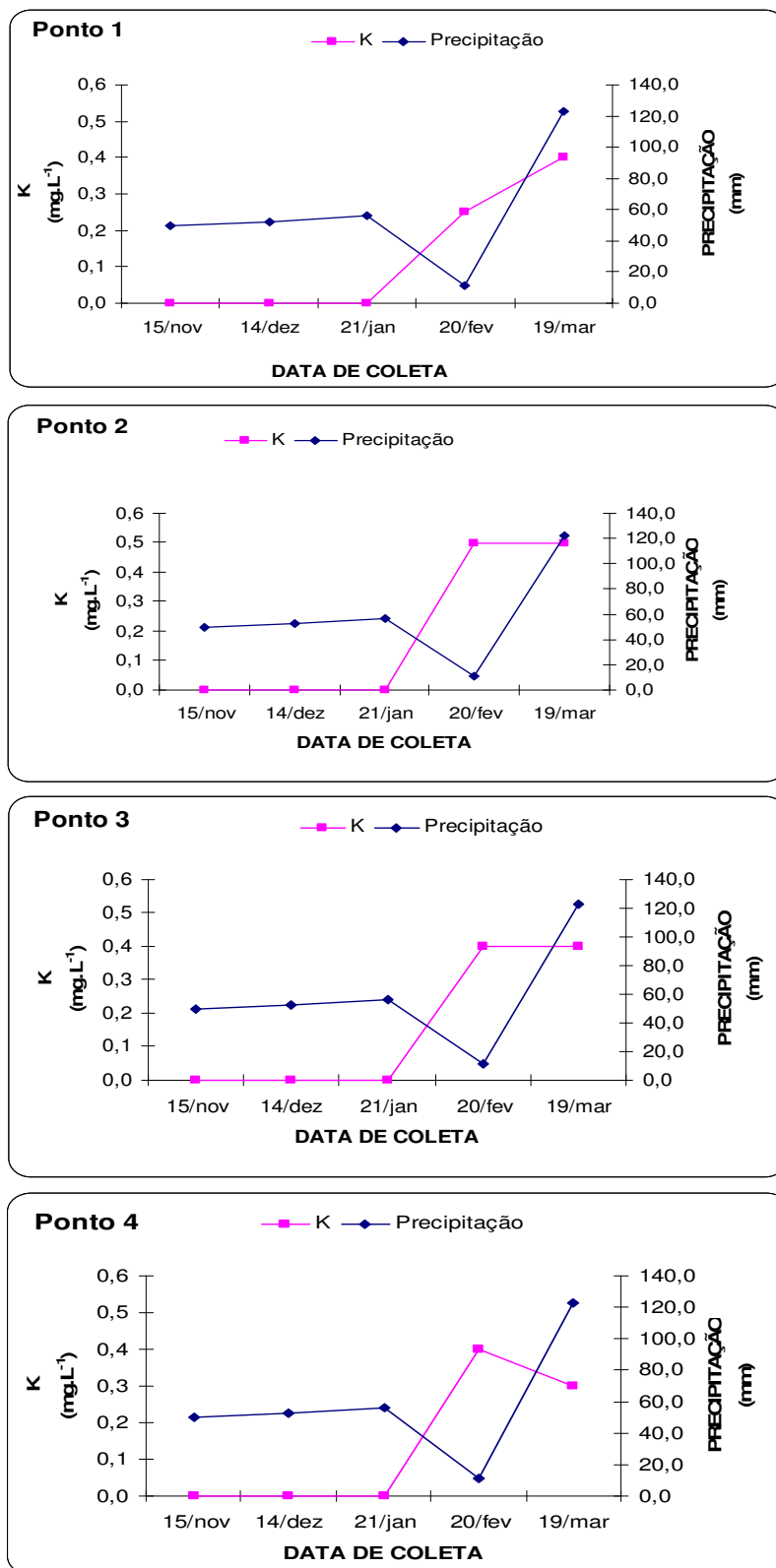


Figura 12 - Valores do teor potássio para as águas do igarapé Carrapato, em Roraima, em relação à precipitação.

3.3.7 Turbidez

A figura 13 mostra os valores para a turbidez, obtidos para cada local de coleta, com distribuição temporal, confrontados com os dados pluviométricos. No ponto 1 houve um deslocamento do pico de turbidez, coincidindo com o auge do período úmido, o que pode ser explicado pelo fato deste ponto se situar a jusante da ponte da estrada vicinal mais movimentada da bacia, cujo leito não é pavimentado e apresenta declividade acentuada em direção às margens. Efeito semelhante foi descrito por Arcova; Cicco (1999). Nos pontos 2, 3 e 4, houve um aumento significativo da turbidez no início do período chuvoso, seguido de um declínio acentuado nos meses subseqüentes. A razão disso poderia ser explicada pelo preparo de área para os plantios agrícolas, imediatamente antes do início das chuvas, havendo carreamento mais intenso de partículas sólidas nesse período. Em seguida, ocorreria a diminuição da quantidade de sólidos desagregados, pela lavagem intensa dos solos, além da maior diluição, pelo conseqüente aumento do volume do curso de água.

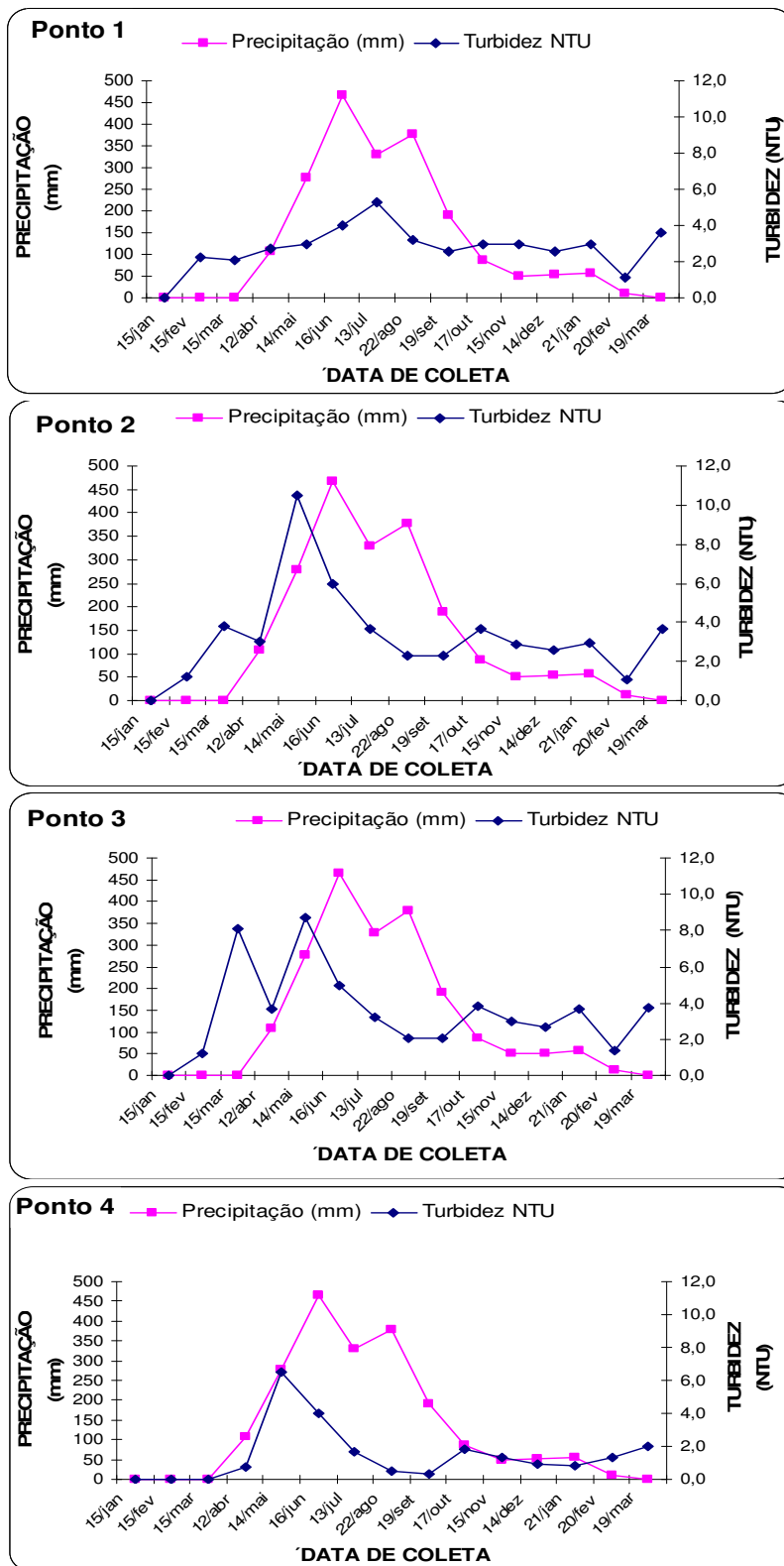


Figura 13 Distribuição temporal e espacial dos valores de turbidez em relação à pluviometria, para as águas do igarapé Carrapato, em Roraima.

O trecho localizado na margem direita do igarapé foi asfaltado durante a realização das coletas. Em ambas as margens, existe forte degradação devido à extração de material laterítico, usado na construção da estrada, o que resulta no transporte de grandes quantidades de material sólido para o leito do curso de água.

É a medida da intensidade de luz dispersa em uma solução, definida na química como “nefelometria”. Essa dispersão é causada por partículas de solo em suspensão, matéria orgânica, microrganismos e outros materiais; podendo provocar diminuição da passagem da luz e interferir no processo de produção primária e na respiração dos seres aquáticos (ESTEVES, 1998) e (HERMES; SILVA, 2004). Essas partículas sólidas podem causar entupimento dos equipamentos de captação e transporte de água, necessitando de filtragem rigorosa, onerando o abastecimento urbano e a irrigação.

O menor valor de turbidez encontrado foi de 0,30 NTU no Ponto 4, e o maior, 13,16 NTU no ponto 2. O valor máximo ficou muito abaixo do padrão estabelecido pelo CONAMA, para águas doces de Classe I, que é de 40 NTU. (BRASIL, 2005). Diferentes estudos realizados no igarapé Água Boa, no mesmo município, encontraram turbidez relativamente baixa: Gomes (2000) entre 0,7 e 10,0 NTU e Vital (2004), 2,0 NTU.

3.4 USO DOS RECURSOS

3.4.1 Uso da terra

3.4.1.1 Agropecuária

Foram entrevistados 46 produtores, representando 63,89% dos proprietários da bacia do Carrapato. A fabela 6 apresenta a estrutura fundiária da bacia, mostrando a distribuição dos lotes por tamanho.

Tabela 6 - Distribuição das propriedades, por tamanho, na bacia hidrográfica do igarapé Carrapato em Roraima.

USO DA TERRA		
Tamanho dos lotes	Número de lotes	Percentual (%)
Até 9,9 ha	21	29,17
10,0 a 49,9 ha	15	20,83
50,0 a 499,0 ha	6	8,33
500,0 a 999,0 ha	3	4,17
Acima de 1000 ha	1	1,39
Não visitados	26	36,11
Total*	72	100,00

*Número de lotes visitados = 46 (63,89% do total), 36,95% dos quais, residem no local.

Observa-se que a quase metade dos produtores entrevistados possuem lotes inferiores a 50 hectares. Os 36,11% restantes não foram encontrados durante os momentos de visita.

A proximidade com a região urbana tem induzido à fragmentação de boa parte do espaço ocupado pela bacia, provocada pelo loteamento de áreas que antigamente eram utilizadas como pastagem natural. Isso se reflete no maior percentual de propriedades com menos de 10,0 ha, que é de 29,17%. A maioria das áreas entre 10,0 e 50,0 ha pertencem a proprietários que adquiriram mais de um pequeno lote e juntou-os, formando uma única propriedade.

Dentre os ocupantes visitados, 36,95% residem no próprio lote, sendo que a maioria vive e trabalha na cidade, deixando as atividades a cargo de um “caseiro”. Geralmente o proprietário não ocupa toda a área, deixando a maior parte coberta com a vegetação original, inclusive as áreas de pastagem.

Diversas são as atividades agropecuárias desenvolvidas dentro dos limites da bacia, com destaque para a fruticultura irrigada, a qual é apresentada como boa perspectiva para o agronegócio da região (CDTFI, 2005) e (EMBRAPA, 2005). Os resultados da pesquisa realizada junto aos produtores são mostrados na tabela 7.

Tabela 7 - Atividades agropecuárias desenvolvidas na bacia hidrográfica do igarapé Carrapato em Roraima.

USO DO SOLO DA BACIA DO CARRAPATO					
Culturas agrupadas	Área (ha)	Percentual (%)	Culturas individuais	Área (ha)	Percentual (%)
Fruticultura	50,60	2,81	Coco	2,50	0,14
			Maracujá	8,60	0,48
			Banana	10,75	0,60
			Citrus	9,25	0,51
			Mamão	4,50	0,25
			Manga	5,00	0,28
			Pupunha	1,25	0,07
			Uva	3,50	0,19
			Graviola	2,25	0,12
			Diversificada	2,00	0,11
Olericultura	22,90	1,27	Pimentão	4,75	0,26
			Tomate	0,25	0,01
			batata-doce	0,50	0,03
			Abóbora	1,50	0,08
			Berinjela	0,50	0,03
			Quiabo	0,50	0,03
			Melancia	1,20	0,07
			feijão verde	1,00	0,06
			alface		
			hidropônica	0,20	0,01
Grãos	356,00	19,74	Cebola	5,00	0,28
			Diversificada	6,50	0,36
			Soja	350,00	19,40
Diversos	5,00	0,28			
Capineira	4,50	0,25			
Pastagem	1305,00	72,35			
Avicultura	4,10	0,23			
Rodovias paviment.	27,40	1,52			
Rodov. não paviment.	37,20	2,06			
Sem uso		0,00			
TOTAL	1803,70	100,00			

As atividades de fruticultura, olericultura e de pasto são irrigadas durante oito meses, de agosto a abril, e se desenvolvem ao longo de todo o ano, com exceção do cultivo de melancia que, por questões fitossanitárias, quase sempre é praticado somente no período seco.

Além da irrigação, os agricultores adotam algum grau de tecnologia, no desenvolvimento de seus cultivos. Entretanto, somente os detentores de áreas maiores possuem equipamentos próprios para mecanização. Os lotes menores recebem assistência técnica institucional da prefeitura, inclusive com mecanização, geralmente de 1,0ha por produtor.

São usados defensivos agrícolas, principalmente nas culturas mais sensíveis às pragas: tomate, melancia e uva. Os entrevistados alegaram que guardam as embalagens vazias de agroquímicos e produtos veterinários e os devolvem aos locais de compra.

De acordo com Vale Junior (2003), os solos predominantes na região se caracterizam por serem muito ácidos e de baixa fertilidade, especialmente quanto à presença de fósforo e matéria orgânica e interferência de alumínio, necessitando de manejo cuidadoso, no que diz respeito ao uso de insumos (MELO; GIANLUPPI; UCHOA, 2004). As práticas de correção de acidez e adubação química são adotadas em praticamente todos os cultivos, sendo que quatro agricultores que adotam práticas agroecológicas, como o uso de adubação verde, fosfato natural, plantio direto e produtos naturais para controle de pragas.

Dentre os pequenos proprietários, 12 fazem parte do Projeto Vale do Rio Branco (CDTFI, 2005), apoiado pela Prefeitura Municipal de Boa Vista, os quais recebem financiamento, apoio técnico e logístico para fruticultura irrigada, cultivando principalmente uva, limão, manga e maracujá. A maioria dos fruticultores está organizado em uma cooperativa, a qual está começando a receber recursos para modernização do transporte em longas distâncias e instalação de agroindústria.

Quatro propriedades são ocupadas por instituições de caráter público:

- estação rebaixadora de energia elétrica proveniente da Venezuela e distribuída para a maior parte do estado, pertencente às Centrais Elétricas do Norte do Brasil – ELETRONORTE;
- Campo Experimental de Monte Cristo, área de pesquisa pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA;
- uma fazenda que atualmente se encontra embargada pela justiça, tendo como Fiel Depositária, a Polícia Militar do Estado de Roraima, a qual utiliza o espaço para a recuperação e o treinamento das montarias de seu Pelotão de Cavalaria, além da guarda de touros utilizados em práticas esportivas; e
- uma fazenda localizada na confluência das rodovias BR – 174 e RR - 319, região da nascente da bacia, formada por lagos típicos da paisagem de savana, foi desapropriada através do Decreto Municipal nº 009/E (BOA VISTA, 2008), com o objetivo da implantação da Zona de Processamento de Exportação – ZPE, distrito industrial incentivado, voltado, prioritariamente, à exportação (ABRASPE, 2008).

A pecuária é constituída geralmente de pastagem nativa, havendo poucas áreas com forrageiras introduzidas. Nas áreas menores, quase sempre se utiliza apenas 2,0 ou 3,0 ha, mantendo-se o restante da área coberta com a vegetação nativa. As Áreas de Preservação Permanente, que se constituem da mata ciliar têm sofrido pequenas alterações, geralmente para adequação do local para captação de água ou com finalidades de lazer. Porém, de forma geral, a mata ciliar mantém-se dentro do que preconiza o Código Florestal (BRASIL, 1965), sendo que em alguns casos, a largura da mata é até bem maior do que a lei exige. Em alguns pontos, no entanto, a vegetação gramínea do cerrado chega, de forma natural, até a margem do igarapé.

A MP nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001 (BRASIL, 2001) instituiu a obrigatoriedade de se manter 35% das áreas de cerrado da Amazônia Legal, a título de Reserva Legal. A maioria dos proprietários desconhece a legislação, alguns até já alteraram totalmente seus lotes, desrespeitando o que manda a lei.

A bacia hidrográfica do igarapé Carrapato tem sua nascente em uma grande região ocupada por lagos naturais. Fato semelhante ocorre em outras áreas da região de cerrado. Alguns proprietários instalados nessa região estão abrindo canais de drenagem artificial, objetivando o preparo de área para o cultivo de grãos. Além do mais, a futura instalação da Zona de Processamento de Exportação (ZPE) deverá provocar um grande impacto nessa região, causando o aterramento de parte desses lagos.

3.4.2 Demanda pela água

Os proprietários das áreas maiores, pelo acesso à assistência técnica, com recursos próprios, têm um nível razoável de planejamento quanto ao uso da água, uma vez que, pelas proporções da atividade, buscam evitar o desperdício desses recursos.

Os médios e pequenos produtores, por não possuírem recursos suficientes, são dependentes do serviço público de assistência técnica, que, segundo eles, é ineficiente. Porém, uma pesquisa feita junto às instituições mostrou que a Secretaria Municipal de Produção Agrícola disponibiliza oito técnicos, de nível médio e superior; e que a Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – SEAPA, possui Casas do Produtor Rural (CPR) para cada município do estado, inclusive Boa

Vista. Observa-se a necessidade de se fazer chegar efetivamente a assistência técnicas às propriedades rurais. Esse quadro leva à utilização desordenada e ineficiente dos recursos. Segundo Lana (2002), o uso da água sem o devido planejamento pode acarretar em escassez, causando prejuízos para os próprios usuários e pode gerar conflitos entre eles.

Pela entrevista com os produtores, tomou-se como base a potência das motobombas já instaladas na área e as suposições feitas na equação 4. A demanda passível, que se refere à vazão plena de uso para o sistema de irrigação já instalado na área da bacia, é de $0,641 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e supera a vazão mínima observada no mês de abril de $0,293 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (tabela 8). Isso, entretanto, serve apenas de alerta, pois as condições consideradas e o uso do curso de água pelos produtores, podem divergir bastante das aqui supostas.

Uma outra abordagem ao problema de uso da água é que, considerando que são necessários $0,5 \text{ L s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ (VIEIRA, 1995), e que, pela legislação vigente, apenas poderíamos usar 80% da vazão do curso de água, ou seja, $0,234 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, a área irrigável resultaria em 464 ha, superior às áreas de fruticultura (50,6 ha) e olericultura (22,90 ha) já instaladas, porém inferior à área total já plantada na bacia (tabela 7).

Os resultados de vazão mostrados na Tabela 8, juntamente com os dados de precipitação do período compreendido por este estudo, indicam que nos meses de fevereiro e março não ocorreram precipitações, tendo a vazão diminuída continuamente até abril. A menor vazão foi observada no mês de abril com valor de $0,293 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; enquanto a maior, no mês de julho com valor de $6,590 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (tabela 8).

Tabela 8 - Valores de precipitação e vazão das águas do igarapé Carrapato em Roraima.

Data de coleta	Precipitação* (mm)	Vazão (m³.s⁻¹)
15/fev	0,00	0,423
15/mar	0,00	0,318
12/abr	107,70	0,293
14/mai	277,50	0,769
16/jun	466,30	4,720
13/jul	329,00	6,590
22/ago	378,10	6,410
19/set	189,90	s.m.**
17/out	86,00	1,310
15/nov	49,80	0,933
14/dez	52,50	0,852
21/jan	56,5	0,690
20/fev	11,4	0,565
19/mar	122,6	0,421

*Fonte: EMBRAPA

**s.m.: sem medição – aparelho com defeito

O mês de abril marca o início da estação úmida, com as primeiras chuvas ocorrendo próximo do final desse mês, interrompendo a necessidade de irrigação para as plantas. A determinação da vazão foi feita ainda na primeira quinzena, apresentando a menor vazão para esse ano.

Os meses subseqüentes, correspondendo normalmente ao período chuvoso, tiveram aumento acentuado das vazões, como resposta aos altos índices de pluviosidade, que se estenderam até meados de setembro. A partir daí, a precipitação diminuiu de intensidade, tornando-se mais esparsa e provocando a retomada da irrigação por parte dos produtores, uma vez que os solos, significativamente arenosos, têm dificuldade de conservar a umidade necessária às culturas. A partir daí, os índices de precipitação diminuíram continuamente até o início do ano de 2008, quando ocorreram algumas chuvas em fevereiro e março, diferentemente do que ocorreu no ano anterior. Destaque-se que em março houve algumas chuvas intensas de curta duração, cuja água resultante permaneceu no interior da bacia, repondo o déficit hídrico no solo, não chegando a ter reflexo na vazão.

Apenas 5,55% das propriedades estão localizadas a jusante do local onde foram feitas as determinações de vazão, sendo que somente um deles capta água no igarapé para irrigação, cujo volume é desprezível (4,37 L.s⁻¹ ou 0,004 m³.s⁻¹).

Portanto, praticamente a totalidade da demanda de água dentro da bacia está a montante do ponto em questão, o que significa dizer que os resultados de vazão obtidos representam o saldo líquido do volume de escoamento da bacia.

Os dados presentes indicam uma vazão crítica para os meses de fevereiro, março e abril de 2007 e março de 2008, uma vez que a demanda projetada declarada, para o ano seguinte, corresponde a 28,1%, 37,4%, 40,6% e 28,3%, respectivamente, das vazões ocorridas naqueles meses. Esse gargalo pode se tornar ainda mais crítico, caso a estiagem seja mais intensa.

Segundo Linsley; Franzini (1978), Villela; Mattos (1975), Pinto et al. (1976) e Garcez; Alvarez (1988), o comportamento dos cursos de água não pode ser previsto com absoluta certeza. Quanto maior o período de estudos, maior a acérea na previsão do comportamento das vazões.

Assim, os resultados obtidos neste estudo, juntamente com os poucos registros históricos de pluviosidade, podem ser utilizados como referência para efeito de planejamento mais imediatista para o uso da água na bacia do igarapé Carrapato, até que existam estudos mais conclusivos.

Da relação direta existente entre precipitação e vazão, como mostrado na figura 7 do item 4.2.2, pode-se deduzir, com relativa segurança, que as vazões do igarapé Carrapato, no período de estiagem, podem atingir valores ainda mais baixos do que aqueles encontrados neste estudo. A série histórica da pluviometria mostra que, nos meses mais críticos definidos neste estudo, ocorreram índices de precipitação ainda menores em diversos anos e que os registros de precipitação, na maioria dos anos foram menores que os de 2007 (1.916,6mm), especialmente em 1992 e 1997 e 2001, com 909,3mm, 1.149,3mm e 1.176,7mm, respectivamente. Ainda assim, não há informações de que esse curso de água tenha sofrido interrupção de fluxo. Isso pode indicar certa distribuição temporal na captação, apesar de desordenada.

Os resultados obtidos demonstram que, apesar da utilização do solo da bacia não ser ainda intensa, há indícios de pressão sobre os recursos hídricos e que já se faz necessário um planejamento acurado e urgente do uso desses recursos, sob risco de ocorrer um colapso na oferta de água, fazendo com que o igarapé perca sua perenidade.

3.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tempo e os recursos disponíveis para a realização deste trabalho deram início aos estudos físico-químicos da água da bacia, além de seu comportamento hidrológico. Sendo este, um trabalho pioneiro em sua abrangência, na região, principalmente no campo da hidrologia, há necessidade de que se desenvolvam novos estudos sequenciais mais detalhados, que venham a acrescentar e acurar os dados levantados.

Um fato preocupante é que algumas atividades agropecuárias estão instaladas na região de lagos que formam as nascentes da bacia. Isso pode causar um dano difícil de ser reparado ao curso de água. Assim, sugere-se a continuidade dos trabalhos pelo monitoramento da quantidade e da qualidade da água.

4 CONCLUSÕES

- ✓ A classificação da qualidade da água do igarapé Carrapato para fins de irrigação foi C1S1, indicando água de baixa salinidade e baixa concentração de sódio;
- ✓ Os resultados deste trabalho apontam para a necessidade de um planejamento adequado quanto à utilização dos recursos hídricos da bacia, adequando os turnos de rega e os volumes a serem utilizados, para se evitar o colapso da oferta de água na bacia;
- ✓ O solo da bacia ainda é pouco utilizado, havendo tendência ao uso intensivo num futuro breve, pelo franco desenvolvimento pelo qual passa a região, exigindo também um planejamento mais adequado quanto ao uso do solo, com vistas a minimizar a degradação dos recursos naturais;
- ✓ Como o Carrapato ainda é um igarapé com baixa degradação e está localizado na direção prevista para expansão urbana, seria conveniente um monitoramento constante de seu comportamento hidrológico e da qualidade de suas águas, para que se observe todo o processo pelo qual ele passará daqui para o futuro;
- ✓ Em 2007, pelo balanço hídrico do solo, nos meses de outubro a abril observa-se deficiência hídrica, totalizando 405,3mm. Enquanto, de maio a setembro há excesso hídrico, totalizando 1119,1mm;
- ✓ A bacia mostra-se com pouca declividade, tendendo a forma mais alongada, sendo comprovado pelo índice de circularidade e fator forma.

REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9898. Rio de Janeiro, 1987.
- AGOSTINHO, J. de. **A bacia do baixo rio Cauamé**. Boa Vista: Ministério Público Estadual, 1999.
- AMORIM, J.R.A.; RESENDE, R.S.; HOLANDA, J.S.; FERNANDES, P.D. Qualidade de água na agricultura. In: ALBUQUERQUE, P.E.P.; DURÃES, F.O.M. **Uso e manejo da irrigação**. v.1. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- ARAÚJO, F.A.; ANDRADE JÚNIOR, A.S., de; MEDEIROS, R.D., de; SAMPAIO, R.A. Precipitação pluviométrica mensal provável em Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.5, n.3, p. 563-567, 2001.
- ARAÚJO, F.A. **Tópicos de Meteorologia e Climatologia**. Boa Vista, [2008]. Apostila distribuída no curso de Mestrado em Recursos Naturais.
- ARCOVA, F.C.S e CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.5, n.6, p. 125-134, 1999.
- BAIRD, C. **Química ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- BARBOSA, R.I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R.I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLÓN, E.G. **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p. 325-335.
- BARBOSA, R.I.; NASCIMENTO, S.P. do; AMORIM, P.A.F. de; SILVA, R.F. da. Notas sobre a composição arbóreo-arbustiva de uma fisionomia das savanas de Roraima, Amazônia Brasileira: **Acta Botanica Brasileira**, São Paulo, v.19, n.2, p. 323-329, abr./jun. 2005.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E. **Manual de Irrigação**. 6.ed. Viçosa: Imprensa Universitária - UFV, 2006.
- BOA VISTA. Lei nº. 244, de 06 de setembro de 1991. Dispõe sobre a promoção do desenvolvimento urbano, zoneamento, uso e ocupação do solo, sistema viário, parcelamento do solo e dá outras providências. **DOM – Diário Oficial do Município**, Boa Vista, 6 setembro 1991.
- _____ Lei nº 924, de 29 de novembro de 2006. Dispõe sobre o plano diretor estratégico e participativo de Boa Vista e dá outras providências. **DOM – Diário Oficial do Município**. Boa Vista, 29 novembro 2006.
- _____ Decreto nº 009/E de 14 de janeiro de 2008. Desapropriação de áreas rurais e suas benfeitorias. **DOM – Diário Oficial do Município nº 2131**. Boa Vista, 17 janeiro 2008.

BRANCO, S. A. **Água: origem, uso e preservação**. 2. ed. Reform. São Paulo: Moderna, 2003.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial da União**: Imprensa Nacional, Brasília, 16 setembro 1965.

_____. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**: Imprensa Nacional, Brasília, 9 janeiro 1997.

_____. **Medida Provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001**. Altera o Código Florestal e a Lei do ITR. **Diário Oficial da União**, ed. extra: Imprensa Nacional, Brasília, 25 agosto 2001.

_____. **CONAMA. Resolução nº 357 de 18 de março de 2005**. Classifica os corpos de água e estabelece critérios para despejo de efluentes. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br> >. Acesso em 10 março 2007.

CARDOSO, H.E.A.; MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C. **As águas da agricultura**. Rio de Janeiro: Agroanalysis. Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas, p.27-28. 1998.

CDTFI - Centro de Difusão Tecnológica de Fruticultura Irrigada no Município de Boa Vista – RR. **Projeto Vale do Rio Branco** – Boa Vista: PMBV, 2005.

CINDACTA – QUARTO CENTRO INTEGRADO DE DEFESA AÉREA E CONTROLE DE TRÂNSITO AÉREO. Subdivisão de Meteorologia. **Relatório**. Boa Vista, 2008. Ofício n. 1004/OMET/2042. Impresso.

CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – Serviço Geológico do Brasil. **Zoneamento Ecológico Econômico da região central do Estado de Roraima**. Boa Vista: SEPLAN, v.1 e v2, 2002. CD-ROM.

CHRISTOFIDIS, D. **A água e a crise alimentar**. 1997. Disponível em: <<https://www.iica.org.br>>. Acesso: 14 fevereiro 2002.

CHRISTOFIDIS, D. Recursos hídricos, Irrigação e segurança alimentar. In: FREITAS, M.A.V., de. (org). **Estado das Águas no Brasil, 2001-2002**. Brasília: ANA, 2003, p. 111-134.

COSTA, C.P.M.; ELOI, W.M.; CARVALHO, C.M. de; VALNIR JÚNIOR, M.; SILVA, M.A.N. da. Caracterização qualitativa da água de irrigação na cultura da videira no município de Brejo Santo, Ceará. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, n.2. 2005.

D'ANGIOLELLA, G.L.B.; VASCONCELLOS, V.L.D. Planilha eletrônica para cálculo do balanço hídrico climatológico normal utilizando diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v.11, n.2, p.375-378, 2003.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A.; DE PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.25, n.1. p.115-125, jan/abr. 2005.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
Tecnologias para o desenvolvimento sustentável do agronegócio em Roraima.
Boa Vista: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
Tecnologias para o agronegócio. Boa Vista: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
Precipitação pluviométrica - Campo experimental Monte Cristo. **Relatório**. Boa Vista, 2008. Impresso.

ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de Limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FECOMÉRCIO – FEDERAÇÃO DO COMÉRCIO DO ESTADO DE RORAIMA.
Roraima Economia e Mercado – Dados Econômicos e Sociais. Boa Vista: FECOMÉRCIO, 2005.

FENZL, N. **Introdução à hidrogeoquímica**. Belém: Universidade Federal do Pará, 1986.

FRANCO, E.M.S.; DEL'ARCO, J.O.; RIVETTI, M. Geomorfologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21; geologia, georfolgia, pedologia e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1975, v.8, p. 137-180.

FREITAS, A . **Geografia e História de Roraima**. 2. ed. Roraima: DLM, 2000.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia**. 2. ed. Verificada e atualizada. São Paulo: Edgard Blücher. 1988.

GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F. de; SOUZA, J.R. de. A qualidade da água de irrigação. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação; citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Guaíba, 1999, p. 237-265.

GOMES, N.A. **Estrutura da Comunidade de Algas perifíticas no igarapé Água Boa e no rio Cauamé, Município de Boa Vista, Estado de Roraima, Brasil, ao longo de um ciclo sazonal**. Manaus, 2000. 260 f. Tese (Doutorado em Biologia) – INPA/Universidade do Amazonas.

GERVÁSIO, E.S; CARVALHO, J.A; SANTANA, M.J. de. Efeito da salinidade da água de irrigação na produção da alface americana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.4, n.1. p.125-128. 2000.

HERMES, L.C.; SILVA, A de S. **Avaliação da qualidade das águas: manual prático**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.

HIRATA, R. Recursos hídricos. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M. de; FAIRCHILD, R.T.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos. 2. reimpressão, 2003. p. 421-444.

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Ambiental. **Diagnóstico Municipal Integrado**. Boa Vista: IBAM, sd. CD-ROM.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico - 1991**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico - 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico – 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 setembro 2008.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Demonstrativo dos Assentamentos do Estado de Roraima**. Boa Vista: Superintendência Regional de Roraima, 2001. Informe.

LANA, A.E.L. Introdução. In: PORTO, R La L. (Org.). **Técnicas quantitativas para o gerenciamento dos recursos hídricos**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002. v., p. 15-41.

LIMA, W. de P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986.

LIMA, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. Apostila.

LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J.B. **Engenharia de recursos hídricos**. São Paulo: Editora USP/McGraw-Hill do Brasil, 1978.

LUCAS, A.A.T. **Impacto da irrigação na bacia hidrográfica do ribeirão dos Marins** Piracicaba, 2007. 101f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002.

MAIA, C.E.; MORAIS, E.R.C., de; OLIVEIRA, M. de. Classificação da água de irrigação utilizando quatro métodos de cálculo para a razão de adsorção do sódio – II. Região do Baixo Açu, Rio Grande do Norte. **Caatinga**, Mossoró, v.11, p.47-52, dez. 1998.

MAURO, F. **Vazão e Qualidade da Água em manancial degradado do Cinturão Verde de Ilha Solteira – SP**. Ilha Solteira, 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil) – Faculdade e Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

MELO, V. F.; GIANLUPPI, D.; UCHOA, S. C. P. **Características edafológicas dos solos do estado de Roraima**. Boa Vista: DSI/UFRR, 2004.

MENDES, A.D. Elocução plural em prol de uma (in)certa água que veja o sol: sem cor, sem cheiro, sem sabor. In: ARAGÓN, L.E.; CLÜSENER-GODT, M. (Org.). **Problemática do uso local e global da água da Amazônia**. Belém: NAEA, 2003. p 49-66.

MENDONÇA, C.X. de; NEVES, M.J.M.; SOARES NETO, P.B.; MOREIRA, M.M.A.; COIMBRA, R.M. Desafios para o planejamento e a gestão integrada de recursos hídricos. In: STEINBERGER, M. (Org.). **Território, ambiente e políticas públicas espaciais**. Brasília: Paralelo 15 e LGE, 2006. p.217 – 242.

MONTALVÃO, R.M.G.; MUNIZ, M.B.; ISSLER, R.S.; DALL'AGNOL, R.; LIMA, M.I.C.; FERNANDES, P.E.C.A.; SILVA, G.C. Geologia. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21; geologia, georfologia, pedologia e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1975. v.8, p 13-135.

MOURÃO JR, M.; XAUD, M.R.; MEDEIROS, R.D. de; XAUD, H.A.M. **Regime de chuvas no Campo Experimental Monte Cristo (1992-2004)**. Folder n° 20. Boa Vista: Embrapa, 2005.

PEREIRA, A.R., VILLA NOVA, N.A., SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.

PEREIRA, A. R. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, vol. 64, n. 2, p. 311-313, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 1 setembro 2006.

PINTO, N. L S.; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia básica**. São Pulo: Edgard Blücher, 1976

RORAIMA. Lei nº 547 de 23 de junho de 2006. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Legislação Ambiental do Estado**. Boa Vista: ALE, 2007. CD-ROM.

_____. Decreto n. 8.123, de 12 de julho de 2007. Regulamenta a Lei n. 547 de 23 de junho de 2006 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e institui o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado de Roraima n. 617**. Boa Vista: Imprensa Oficial, 2007.

SANDER, C; WANKLER, F.L.; TONELLO, M.F.; SOUSA, V.P., de. Levantamento hidrológico da bacia do igarapé Carrapato, em Boa Vista, RR: dados preliminares. **Acta Geográfica**. Boa Vista. v.2. 2007 – no prelo.

SANT'ANA, A.C. **Análise multivariada da qualidade da água superficial no Município de Boa Vista**. Boa Vista, 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima.

SANTOS, H.E.A. dos. **Fatores de crescimento de Roraima, 1970/1998**. Porto Alegre, 2000. 98 f. Dissertação (Mestrado e Economia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SEPLAN – Secretaria Estadual de Planejamento, Indústria e Comércio. **Plano de Desenvolvimento de Roraima – I PDR (1992-1995)**. Boa Vista: Seplan, 1992.

SEPLAN – Secretaria Estadual de Planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Roraima – Informações Sócio Econômicas**. Boa Vista: Seplan, sd. CD-ROM.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: E. da Universidade, UFRGS, 1984.

SILVA, J.S. da; REIS, D.E.C.C.; PIMENTA, C.C.M. Regulação dos usos das águas. In: **O Estado das Águas no Brasil, 2001-2002**. Brasília: ANA, 2003, p. 17 – 30.

SIOLI, H. Primeira descoberta de um representante de Charophyta na Região Amazônica. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Norte**. Belém, v.32, p.157-164, 1956.

TUCCI, A.E.M. **Hidrologia ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997

UNESP – Universidade Estadual de São Paulo – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. **Qualidade da água para irrigação**. Disponível em: <www.agr.feis.unesp.br/pesquisas.php>. Acesso em: 19 março 2007.

VALE JUNIOR, J. F. (org). **Solos da Amazônia: Características e Potencialidades**. 2.ed. Boa Vista - RR, 2003.

VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FIORAVANTE, C.D.; MAURO, F.; LIMA, R.C. **Diagnóstico da microbacia do córrego Três Barras no Município de Marinópolis – SP para fins de irrigação**. 2003. Disponível em: <www.agr.feis.unesp.br>. Acesso em: 7 fevereiro 2008.

VANZELA, L.S. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP**. Ilha Solteira, 2004. 91f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

VELOSO, H. P.; GOES FILHO, I.; LEITE, P. F.; SILVA, S. B.; FERREIRA, H. C.; LOUREIRO, R. I.; TEREZO, E. F. M. Vegetação; as regiões fitogeográficas, sua natureza e seus recursos econômicos – estudo fitogeográfico. In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e**

NB.21; geologia, georfologia, pedologia e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1975. v.8, p. 305-403.

VIEIRA, D.B. **As técnicas de irrigação.** São Paulo: Globo, 1995.

VILLELA, S.M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VITAL, M.J.S. **Boa Vista-RR: O Monitoramento dos Recursos Hídricos e a necessidade de indicadores ambientais.** Boa Vista, 2004. 106f. Tese (Professor Titular) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Roraima.

ANEXOS

Captação de água – atual		POÇO ()	DO IGARAPÉ ()		
	Tipo de irrigação	Área Irrigada (ha)	Potência (CV)	Tempo de funcionamento (h)	Fonte de Energia
1	Aspersão convencional				
2	Canhão				
3	Localizada: gotejamento				
4	Localizada: micro aspersão				
5	Pivô central				
6	Outros				
	TOTAL				

Captação de água - projetada

	Tipo / Nome (possibilidade de abertura de novas linhas)	Área Irrigada (ha)	Potência (CV)	Tempo de funcionamento (h)	Fonte de Energia
1					
2					
3					
4					
5					
6					
	TOTAL				

Tabela de vazão demandada (m³/s) para irrigação

	jan		fev		mar		abr		mai		jun	
	captada	usada	captada	usada	captada	usada	captada	usada	captada	usada	captada	usada
1												
2												
3												

	jul		ago		set		out		nov		dez	
	captada	usada	captada	usada	captada	usada	captada	usada	captada	usada	captada	usada
1												
2												
3												

Sistema de produção animal do empreendedor

ATIVIDADE	Extensivo (cabeça)	Semi-confinado (cabeça)	Confinado (cabeça)	Licenciado (sim/não)
Avicultura				
Bovinocultura de corte				
Bovinocultura de leite				
Ovinocultura				
Suinocultura				
Animais silvestres exóticos (especificar quais)				
Animais silvestres nativos (especificar quais)				
Aqüicultura (especificar tipologia / organismos)				

COBERTURA VEGETAL

Ecosistemas	Área (ha)	% Área Total da propriedade
Floresta natural (primária)		
Floresta em regeneração (secundária)		
Banhados (áreas úmidas)		
Campos nativos		
Corpos de água (naturais e artificiais)		
Outros		
Agroecossistemas		
Florestas plantadas		
Campos "melhorados" c/ exóticas		
Pastagens cultivadas		
Lavouras		
TOTAL		100%

RESPONSÁVEL LEGAL DA PROPRIEDADE:

NOME: _____ CPF N° _____

Declaro a veracidade das informações prestadas no presente formulário.

Em _____

Assinatura: _____