



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

CENTRO DE BIOCÊNCIAS – CB

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

“Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio e fósforo para os principais açudes da bacia hidrográfica do Rio Seridó, RN”.

Vitor Hugo Fernandes de Vasconcelos

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Attayde

Natal - RN

2011

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Setorial do Centro de Biociências

Vasconcelos, Vitor Hugo Fernandes de.

Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio e fósforo para os principais açudes da bacia hidrográfica do Rio Seridó, RN. / Vitor Hugo Fernandes de Vasconcelos. – Natal, RN, 2011.

63 f. : Il.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Attayde.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Ecologia.

1. Bacia hidrográfica – Dissertação. 2. Reservatório – Dissertação. 3. Nitrogênio. – Dissertação. I. Attayde, José Luiz. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF/BSE-CB

CDU 556.51

“Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio e fósforo para os principais açudes da bacia hidrográfica do Rio Seridó, RN”.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre.

Vitor Hugo Fernandes de Vasconcelos

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Attayde

Natal - RN

2011

Agradecimentos

A Deus, por ter me dado sabedoria em minhas escolhas e saúde para realizá-las;

Ao meu orientador, professor José Luiz de Attayde (UFRN), pela orientação, motivação, apoio, leitura e sugestões que muito contribuíram na elaboração e aprimoramento deste trabalho;

Ao professor Luiz Drude de Lacerda (UFC), pelos esclarecimentos fundamentais do uso dos fatores de emissão e pela participação na banca de defesa;

Aos professores André Megali Amado (UFRN) e Eduardo Martins Venticinque (UFRN) pelas valiosas colaborações na qualificação e participação na banca de defesa;

Aos meus pais, Roberto Batista de Vasconcelos e Maria da Conceição Fernandes de Vasconcelos, por me incentivarem e fazer acreditar na importância dos estudos, e aos meus irmãos, Roberto Luiz, Marcus Vinicius e Leonardo, pela compreensão e apoio nos momentos de estresse;

Aos amigos do Programa de Pós Graduação em Ecologia, em especial a Luiz Vicente Burle Maciel, pela ajuda e palavras de apoio durante a apresentação do projeto de estudo;

Ao IBGE, IDEMA, AESA, SEMARH, CAERN e EMBRAPA pela disponibilização das informações essenciais ao desenvolvimento deste trabalho.

A CAPES pelo apoio financeiro.

Índice

Página

AGRADECIMENTOS.....	2
LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE TABELAS.....	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 – INTRODUÇÃO.....	8
2 – MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.1 – Área de estudo.....	10
2.2 – Bacias hidrográficas.....	12
2.3 – Fatores de emissão.....	13
2.3.1 – Emissões naturais.....	13
2.3.2 - Emissões antrópicas.....	15
3 – RESULTADOS.....	18
3.1 – Caracterização das bacias hidrográficas.....	18
3.2 - Estimativas das cargas de N e P para as bacias.....	24
3.2.1 - Emissões de fontes naturais.....	24
3.2.1.1 - Deposição atmosférica.....	24
3.2.1.2- Denudação química e física de solos.....	24
3.2.1.3 - Emissões naturais totais.....	25
3.2.2 - Emissões de fontes antropogênicas.....	27
3.2.2.1 - Águas servidas (esgotos domésticos).....	27
3.2.2.2 - Pecuária.....	28
3.2.2.3 - Agricultura.....	30
3.3 - Importância relativa das fontes naturais e antrópicas de nutrientes..	32
3.4 – Estado trófico dos açudes e fatores de emissão.	36
4 – DISCUSSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacias hidrográficas estudadas na região do Seridó;

Figura 2 - Altimetria das bacias estudadas na região do Seridó;

Figura 3 - Mapa da bacia do açude Itans mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente;

Figura 4 - Mapa da bacia do açude Carnaúba mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente;

Figura 5 - Mapa da bacia do açude Cruzeta mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente;

Figura 6 - Mapa da bacia do açude Passagem das Traíras mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente;

Figura 7 - Mapa da bacia do açude Boqueirão de Parelhas mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente;

Figura 8 - Mapa da bacia do açude Marechal Dutra mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente;

Figura 9 - Mapa da bacia do açude Sabugi mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente;

Figura 10 - Emissões de nitrogênio (a) e fósforo (b), por tipo de rebanho, oriundas da pecuária nas sete bacias estudadas.

Figura 11 - Emissões de nitrogênio (a) e fósforo (b), por cultivar agrícola, oriundas da agricultura nas sete bacias estudadas.

Figura 12 - Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio (a) e fósforo (b) nas sete bacias estudadas;

Figura 13 - Emissões naturais de nitrogênio (a) e fósforo (b) nas sete bacias estudadas;

Figura 14 - Emissões antrópicas de nitrogênio (a) e fósforo (b) nas sete bacias estudadas.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Capacidade de armazenagem de água de superfície dos sete maiores açudes da região do Seridó. Fonte: SEMARH 2011;

Tabela 2: Cultivar agrícola, quantidade de fertilizante aplicado, e a perda estimada dos fertilizantes aplicados. Os valores em intervalos de faixa indicam que tal cultivar apresenta uma quantidade mínima e máxima na aplicação de fertilizantes;

Tabela 3: Bacia, área total, área antropizada, área remanescente, pluviosidade média anual, emissão por deposição atmosférica (N e P), emissão por denudação do solo (N e P) e emissão total ($t.ano^{-1}$) oriundas de fontes naturais das bacias do Seridó;

Tabela 4: Bacias, população urbana, população rural, população total, emissões urbana, rural e total de N ($t.ano^{-1}$), e emissões urbana, rural e total de P ($t.ano^{-1}$) para as bacias do Seridó;

Tabela 5: Emissões de N e P pela atividade de pecuária para as bacias estudadas. Valores corrigidos com a percentagem que é exportada para os corpos d'água;

Tabela 6: Emissões ($t.ano^{-1}$) de N e P pela atividade de agricultura para as bacias estudadas. Os valores em faixa indicam que as emissões variam de acordo com o intervalo de quantidade de fertilizantes aplicados e com o intervalo de perda dos fertilizantes para o solo;

Tabela 7: Estado trófico dos açudes e valores de nitrogênio e fósforo gerados por fatores de emissão;

Tabela 8: Emissões ($t.ano^{-1}$) de N e P oriundas de fontes antrópicas e naturais para diversas bacias do NE do Brasil.

RESUMO

A eutrofização constitui-se na principal causa de perda de qualidade da água dos açudes da região semiárida brasileira. No entanto, ainda não existem estudos quantitativos sobre a importância relativa de diferentes fontes de nutrientes para a eutrofização dos açudes como também não existem ações efetivas de controle das cargas externas de nutrientes para esses mananciais. O presente estudo teve como objetivo estimar as emissões naturais e antrópicas potenciais de nitrogênio (N) e fósforo (P) para os sete maiores reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Seridó, na região semiárida do Rio Grande do Norte. Os resultados mostram que as emissões totais variam de 1955 t.N.ano⁻¹ e 1180 t.P.ano⁻¹ (Passagem das Traíras) a 84 t.N.ano⁻¹ e 56 t.P.ano⁻¹ (Carnaúba). As emissões antrópicas, em conjunto, são atualmente responsáveis por 72-87% de todas as emissões de nitrogênio e mais de 98% de todas as emissões de fósforo para os reservatórios estudados. Dentre as emissões naturais, as emissões da deposição atmosférica são maiores para P e menores para N quando comparadas às emissões da denudação física e química dos solos. Dentre as emissões antrópicas, as emissões de N e P oriundas da pecuária são maiores do que as emissões dos efluentes domésticos e da agricultura. Tais resultados deverão subsidiar ações de gestão ambiental das bacias hidrográficas e projetos de restauração de açudes eutrofizados.

Palavras-chave: Eutrofização, nitrogênio, fósforo, fatores de emissão, SIG, bacia hidrográfica, reservatório, semiárido

ABSTRACT

Eutrophication constitutes the main cause of water quality loss in reservoirs of Brazilian semiarid region. However, there are no quantitative studies about the relative importance of different nutrients sources for eutrophication of reservoirs as there are no control effective action to control the nutrients external loads to these reservoirs. The present study aimed to estimate the potential natural and anthropogenic emissions of nitrogen (N) and phosphorus (P) for the seven largest reservoirs of Seridó River watershed, in the Rio Grande do Norte semiarid region. The results show that the total emission range from 1955 t.N.ano⁻¹ e 1180 t.P.ano⁻¹ (Passagem das Traíras) a 84 t.N.ano⁻¹ and 56 t.P.ano⁻¹ (Carnaúba). The anthropogenic emissions are currently responsible for 72-87% of all nitrogen emissions and more than 98% of all phosphorus emissions to the reservoirs. Among the natural emissions, emissions from atmospheric deposition are higher for P and lower to N when compared to the physical and chemical soils denudation. Among the anthropogenic emissions, N and P emissions from husbandry are the larger than emissions from domestic sewage and agriculture. These results should support environmental management programs and watershed restoration projects of eutrophic reservoirs.

Keywords: Eutrophication, nitrogen, phosphorus, emission factors, GIS, watershed, reservoirs, semiarid

1. INTRODUÇÃO

A água doce é vital para a vida humana e o bem-estar econômico, e as sociedades extraem grandes quantidades de água dos rios, lagos, brejos e aquíferos subterrâneos para suprir as necessidades das cidades, fazendas e indústrias. Os ecossistemas de água doce fornecem vários produtos e serviços à sociedade como fornecimento de água potável, controle de inundações, transporte, recreação, depuração dos efluentes domésticos e industriais, produção de peixes e outros alimentos (Baron *et al.*, 2003). No entanto, esses serviços ecológicos ficam comprometidos quando os ecossistemas aquáticos são degradados pela poluição, sobrepesca, construção de barragens, dentre outros impactos antrópicos.

Um dos principais problemas decorrentes da poluição da água é o processo de eutrofização. A eutrofização significa a fertilização excessiva das águas por nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, e o conseqüente crescimento de algas e plantas aquáticas. Embora seja um processo de envelhecimento natural dos lagos, as atividades humanas estão acelerando este processo (Carpenter *et al.*, 1998).

A eutrofização tem muitos efeitos negativos nos ecossistemas aquáticos, mas a consequência mais visível é a proliferação de algas, o que confere à água uma alta turbidez e uma coloração esverdeada. Este crescimento excessivo de algas e também de plantas aquáticas pode degradar a qualidade da água e interferir com o uso da água para a pesca, recreação, indústria, agricultura, e abastecimento público. Em ecossistemas de água doce, florações de cianobactérias são notáveis sintomas da eutrofização. Essas florações contribuem para uma extensa variedade de problemas incluindo a mortandade de peixes, além de conferir um odor e paladar desagradável à água destinada ao abastecimento humano. Além disso, compostos solúveis em água, tóxicos ao sistema nervoso e ao fígado, podem ser liberados quando as cianobactérias morrem ou são ingeridas. Estas podem matar criações de animais além de apresentar um sério risco à saúde humana (Carpenter *et al.*, 1998).

Reservatórios localizados em regiões semiáridas sofrem um acelerado processo de eutrofização, e a qualidade da água desses ambientes vem sendo seriamente comprometida, oferecendo riscos a saúde humana e animal, causando prejuízos econômicos e alterando a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas (Panosso *et al.*, 2007, Freitas, 2011; Costa *et al.*, 2009).

As fontes de nutrientes para os corpos d'água podem ser pontuais ou difusas. As descargas de poluentes oriundas de fontes pontuais, tais como estações de tratamento de esgoto, tendem a ser contínuas, com pouca variabilidade no tempo. Frequentemente elas podem ser monitoradas através de medidas periódicas da concentração química em um único local. Consequentemente, fontes pontuais são relativamente mais simples de serem mensuradas e reguladas, e podem ser controladas através de tratamento direto na fonte. Cargas difusas também podem ser contínuas, mas comumente são intermitentes e relacionadas às estações de atividade agrícola ou eventos irregulares, tais como temporais. Cargas difusas normalmente são oriundas de extensas áreas de terra e são transportadas sobre a superfície, pelo subsolo, ou através da atmosfera. Consequentemente, fontes difusas são difíceis de serem mensuradas e reguladas (Carpenter *et al.*, 1998).

Assim como as formas de uso e ocupação do solo, as características das bacias hidrográficas também influenciam as cargas difusas de nutrientes e consequentemente o processo de eutrofização. Características tais como o tipo de solo, a intensidade pluviométrica, a área e geomorfologia da bacia, são de grande importância na determinação das cargas de nutrientes e consequentemente da vulnerabilidade à eutrofização dos corpos d'água pertencentes à determinada bacia hidrográfica (Figueiredo *et al.*, 2007).

Grande parte das estratégias de manejo da qualidade da água de lagos e reservatórios eutrofizados têm focado na redução das cargas externas e internas de fósforo. Isto deve-se à dificuldade em controlar a troca de N na interface ar-água, e o fato de algumas algas serem capazes de fixar o N₂ atmosférico mesmo após redução das cargas de N, fazendo com que o

controle de P seja a estratégia mais eficaz de mitigação do problema da eutrofização (Sharpley *et al.*, 1994).

Uma grande dificuldade para a gestão ambiental das bacias hidrográficas do semiárido brasileiro tem sido a inexistência de medidas sistemáticas *in situ* de cargas de nutrientes e outros poluentes. Uma alternativa aceitável se constitui no uso de fatores de emissão das substâncias de interesse, estimados a partir de dados de produção, censos populacionais e rurais, processos produtivos e características dos processos naturais e antrópicos que mobilizam as substâncias de interesse no ambiente (Lacerda 2006, Lacerda *et al.*, 2008, Paula *et al.*, 2010). Estes parâmetros encontram-se disponíveis para a maioria das bacias hidrográficas, o que torna o uso de fatores de emissão uma importante ferramenta para quantificação aproximada dos aportes potencial de elementos e substâncias para as bacias hidrográficas, além de fornecerem estimativas consistentes para regiões onde não estejam disponíveis dados específicos de concentrações e fluxos (Paula *et al.*, 2010).

No presente estudo é apresentada uma estimativa das cargas naturais e antrópicas de nitrogênio e fósforo para as bacias hidrográficas dos principais reservatórios da bacia hidrográfica do Rio Seridó, Estado do Rio Grande do Norte. As estimativas de carga foram obtidas através do uso de fatores de emissão para os diferentes processos naturais e antrópicos que atuam nessa região. Os resultados são comparados com bacias similares da região semiárida onde estudos semelhantes estão disponíveis, e validados através da comparação com os dados disponíveis sobre a concentração desses nutrientes na água dos reservatórios.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Seridó, abrange vários municípios dos Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Esta bacia localiza-se em uma região semiárida, com baixa e irregular precipitação pluviométrica, solos rasos

e muito erodidos (Silva *et al.*, 2002). A região do Seridó é uma das áreas mais secas do semiárido brasileiro e é considerada como um núcleo de desertificação pela Convenção de Combate à Desertificação (Valadão *et al.*, 2011). Nessa região predomina a formação vegetal denominada caatinga hiperxerófila arbóreo-arbustiva aberta, que se apresenta densa em pequenas áreas isoladas. Atualmente estes ambientes sofrem grande pressão antrópica visando à extração da madeira para as indústrias de olarias da região. A remoção parcial ou total da vegetação de caatinga provoca a redução na produção de biomassa aérea, afetando a cobertura dos solos e aumentando os riscos de degradação das terras do semiárido nordestino (Accioly *et al.*, 2008).

Os solos dominantes na bacia são os Luvisolos e os Neossolos Litólicos (IICA, 2000). Os primeiros apresentam alta fertilidade natural, textura média, fase pedregosa e rochosa, são rasos, muito erodidos e acentuadamente drenados. Os solos Neossolos Litólicos apresentam fertilidade natural de média a alta, textura média arenosa e argilosa, fase pedregosa, e são bem drenados, relativamente rasos e muito susceptíveis à erosão (IDEMA, 2011).

A fragilidade dos solos aliada à escassez de água é sem dúvida o fator mais crítico ao desenvolvimento desta região (IICA, 2000). Como estratégia para aumentar a oferta hídrica para a população da região, o governo federal, através do Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS), construiu diversos reservatórios. Os sete açudes inseridos nesta pesquisa possuem capacidade de armazenamento de água superior a 20 milhões de metros cúbicos e respondem juntos por quase 80% da capacidade total de açudagem do Seridó (Tabela 1).

Tabela 1: Capacidade de armazenagem de água de superfície dos sete maiores açudes da região do Seridó. Fonte: SEMARH 2011

Açude	Município	Rio barrado	Capacidade (10 ³ m ³)	Ano de conclusão
Cruzeta	Cruzeta	São José	23.546	1929
Itans	Caicó	Barra Nova	81.750	1935

Marechal Dutra	Acari	Acauã	44.421	1959
Sabugi	São João do Sabugi	Sabugi	65.335	1965
Boqueirão de Parelhas	Parelhas	Seridó	84.792	1988
Passagem das Traíras	S. José do Seridó	Seridó	49.702	1994
Carnaúbas	São João do Sabugi	Quixeré	25.711	2002

2.2. Bacias hidrográficas

As áreas das bacias hidrográficas dos sete reservatórios foram definidas tomando-se como base o modelo numérico de terreno da região do Seridó resultante do projeto Brasil em Relevo (Miranda *et al.*, 2005) realizado pela Embrapa Monitoramento por Satélite. Para a delimitação das bacias e da rede de drenagem foi aplicada a ferramenta *Watershed Delineation Tools* (ESRI). Para a aplicação desta ferramenta necessita-se de um modelo numérico de elevação como *input*. O modelo numérico de elevação foi obtido do projeto Brasil em Relevo (Miranda *et al.*, 2005).

Utilizando dados obtidos do Programa de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite (PMDBBS), realizado pelo Centro de Sensoriamento Remoto do IBAMA (CSR/IBAMA), obtiveram-se informações referentes às áreas de remanescentes da vegetação de caatinga e áreas de caatinga antropizadas dos Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba. Utilizando a ferramenta *Analysis Tools (Clip)* do software Arcgis 9.x, delimitou-se as áreas de caatinga remanescente e as áreas de caatinga antropizadas presentes em cada bacia a partir dos arquivos vetoriais das

bacias, gerados pela *Watershed Delineation Tools*, e das áreas remanescentes e antropizadas do bioma caatinga, oriundos do PMDBBS. A informação das áreas antropizadas foi utilizada para estimar as áreas rurais, a população humana rural, a população dos rebanhos, e as áreas de cada cultura agrícola; a metodologia será explicada mais a frente. Estas informações, juntamente com as informações dos solos, foram utilizadas para estimar as cargas potenciais de nutrientes de cada bacia através de fatores de emissão.

2.3. Fatores de emissão

A quantificação das cargas potenciais de nitrogênio e fósforo das bacias de drenagem, através do uso de fatores de emissão, pelos processos naturais e pelas diferentes atividades antrópicas foi baseada em dados disponíveis nos inventários municipais, estaduais e federais. Dentre as fontes naturais, a deposição atmosférica e a denudação física e química de solos são as principais fontes de emissão de nutrientes e poluentes para as águas superficiais (Lacerda *et al.*, 2004). Por outro lado, as principais atividades antrópicas potencialmente geradoras de nutrientes e contaminantes na região são: a disposição inadequada de águas servidas, incluindo esgotos urbanos e industriais não tratados, a agricultura e a pecuária.

2.3.1 Emissões Naturais

A deposição atmosférica de nutrientes nas bacias é função da área da bacia, da concentração de nutrientes na deposição, e da retenção pelos solos. Com base em informações sobre a concentração de nutrientes na deposição atmosférica em 1000mm medidas em diversas regiões, Lacerda *et al.* (2004) estimaram a carga de nutrientes que entra em bacias hidrográficas do semiárido por esta via. Para N e P, a deposição mais provável foi de $100 \text{ mg.m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ e $8 \text{ mg.m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$, respectivamente. Esses valores, entretanto, foram corrigidos pelas respectivas taxas de retenção pelos solos (Burns, 2004; Golley *et al.*, 1978 *apud* Lacerda *et al.*, 2008), de cada bacia (63% para N e 70% para P) uma vez que parte variável da carga de origem atmosférica é retida em solos, e somente serão escoadas para os reservatórios através da denudação física e química. A fração da deposição atmosférica retida em solos, portanto,

será incluída nas estimativas de carga originada na denudação física e química.

A denudação física e química de solos naturais constitui-se em importante fonte de nutrientes para águas superficiais. Este processo natural aumenta com a urbanização e a criação de áreas agrícolas, sendo também dependente do tipo de solo e clima de uma dada bacia (Lacerda *et al.*, 2004; Lacerda, 2006; Lacerda *et al.*, 2008). Lacerda *et al.* (2004), baseados em diversos estudos, adotaram o valor médio de solo perdido por denudação de 128 t.km⁻².ano⁻¹. Lima Neto *et al.* (2011), estudando bacias da região semiárida, encontraram valores de perda de solos da ordem de 148 t.km⁻².ano⁻¹. No entanto, um estudo batimétrico realizado em três açudes da região do Seridó demonstrou um acúmulo de sedimentos de 10 t.km⁻².ano⁻¹ no açude Boqueirão de Parelhas, de 150 t.km⁻².ano⁻¹ no açude Caldeirão de Parelhas, e de 195,96 t.km⁻².ano⁻¹ no açude de Cruzeta (SEMARH 2009). Portanto, no presente estudo assumiremos uma perda de solo das bacias hidrográficas dos açudes da região de 150 t.km⁻².ano⁻¹, excetuando-se o açude Boqueirão de Parelhas que apresenta uma perda de solo 15 vezes menor, e o açude de Cruzeta que apresenta uma perda de solo superior.

As concentrações naturais de nitrogênio e fósforo provenientes dos solos são dependentes do tipo de solo. Para o cálculo da emissão de nutrientes oriunda dos solos multiplicou-se a concentração do elemento no solo (mg.kg⁻¹) pela taxa de perda de solo (t.km².ano⁻¹) e pela área do solo (km²); a esse valor foi somado a carga oriunda da deposição atmosférica que ficou retida no solo; do total, 35% do N e 30% do P é esperado para ser exportado para os corpos d'água (Malavolta & Dantas, 1980; Silva, 1996 *apud* Lacerda, 2006). Salcedo (2006) relata a insuficiência de dados sobre concentração de nutrientes para os solos da região semiárida em relação aos solos de regiões úmidas. Além disso, a diversidade de métodos e extratores (Mehlich 1, Bray-1, dentre outros) utilizados na análise do P em solos, torna difícil a comparação e interpretação de resultados (Raij, B. van. *et al.*, 1984; Sharpley *et al.*, 1994; Holanda, J.S. *et al.*, 1995) Os tipos de solos encontrados na região e suas respectivas concentrações de nitrogênio e fósforo (mg.kg⁻¹) são: Neossolos Litólicos (600

mgN.kg⁻¹ e 7,4 mgP.kg⁻¹) Luvisolos (600 mgN.kg⁻¹ e 7,4 mgP.kg⁻¹); Regosolos (600 mgN.kg⁻¹ e 7,4 mgP.kg⁻¹); Latossolo (600 mgN.kg⁻¹ e 7,4 mgP.kg⁻¹); Neossolos Flúvicos Eutróficos (900 mgN.kg⁻¹ e 30 mgP.kg⁻¹); Podzólico (600 mgN.kg⁻¹ e 10 mgP.kg⁻¹). As concentrações médias de N e P nas classes de solos presentes nas bacias foram as mesmas utilizadas por Paula (2010) em seu estudo no rio das Contas, BA. A área de cada tipo de solo em cada bacia foi calculada a partir dos arquivos vetoriais das bacias e dos arquivos vetoriais dos solos dos Estados do RN e da PB disponibilizados pelo IDEMA e pela AESA.

2.3.2. Emissões Antrópicas

A maior parte das emissões antropogênicas de N e P das bacias hidrográficas para os reservatórios de água, está relacionada à disposição inadequada de águas servidas, resíduos sólidos urbanos, agricultura, e pecuária. Assim, para as estimativas de aporte antropogênico de nutrientes, foram levadas em consideração a densidade populacional humana e animal (aves, caprinos, suínos, equinos e bovinos), e as áreas e a quantidade de fertilizantes utilizadas em cada cultivo agrícola (banana, café, laranja, cana, feijão, mandioca, milho, trigo e soja), em cada bacia.

A liberação de nutrientes para o meio ambiente através de águas servidas é uma das principais fontes dessas substâncias para os corpos d'água. Cidades que não possuem serviços de coleta e tratamento de esgotos, caso típico da maior parte dos municípios brasileiros, contribuem de forma mais pronunciada como fonte de nutrientes para os corpos d'água. Lacerda et al. (2004) testaram três abordagens para calcular as estimativas das cargas de nitrogênio e fósforo de águas servidas, tendo as três se mostrado bastante consistentes.

No presente trabalho, utilizamos a abordagem de Abreu et al. (2003) *apud* Lacerda et al. (2004), que leva em consideração a concentração média destes elementos em águas servidas e o consumo de águas pela população. Esta metodologia permite estimar valores de emissão mais realistas que levam em consideração o consumo de água per capita e o grau de urbanização da

região (Lacerda *et al.*,2004). A metodologia assume que a concentração média de N e P das águas servidas é de 50 mg.L⁻¹ e 14 mg.L⁻¹, respectivamente, e que o consumo médio de água por habitante de área urbana e rural é de 115 L.hab⁻¹.dia⁻¹ e de 85 L.hab⁻¹.dia⁻¹, respectivamente (Abreu *et al.*, 2003 *apud* Lacerda *et al.*, 2004). Porém, de acordo com a CAERN (comunicação pessoal), o consumo médio de águas na área urbana dos municípios estudados é de aproximadamente 150 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Considerando que o consumo de água nas zonas rurais é menor do que o das zonas urbanas, assumimos que o consumo de água nas zonas rurais é 25% inferior aquele da zona urbana, ou seja, 110 L.hab⁻¹.dia⁻¹. Assim, para estimar a contribuição de nutrientes por efluentes de águas servidas multiplicou-se a concentração de N e P nas águas servidas (mg.L⁻¹) pelo consumo de água *per capita* (L.hab⁻¹.dia⁻¹) e pelo total de habitantes.

A partir dos dados demográficos de cada município obtidos do Censo 2010 (IBGE, 2011), a área total de cada município (IBGE, 2011), e as áreas urbanas (sedes municipais) e rurais, obteve-se a população urbana e rural de cada município (hab.km²). A população urbana em cada bacia foi considerada como sendo a soma das populações urbanas de cada município cuja sede municipal estivesse inserida em seu interior. Para estimar a população rural em cada bacia, foi necessário estimar primeiramente a área rural de cada bacia. A área rural de cada município foi obtida a partir da subtração da área antropizada (CSR/IBAMA) de cada município e a área da respectiva sede municipal. Dividindo a população rural de cada município (IBGE, 2011) pela área rural calculada, obteve-se a densidade rural de cada município. Utilizando a ferramenta *Analysis Tools (Clip)* do software Arcgis 9.x, obteve-se a área antropizada de cada município presente em cada bacia. Como na área antropizada estão inseridas as sedes municipais, estas foram subtraídas da área antropizada para obter-se a área rural de cada bacia. Multiplicando a área rural de cada município presente na bacia pela densidade populacional rural de cada município, foi estimada a população rural de cada município presente na bacia.

A pecuária é outra importante fonte de nutrientes em áreas rurais para águas superficiais. O destino dos nutrientes associado aos rejeitos da criação de animais se constitui em importante fonte de nutrientes para solos e daí para águas subterrâneas e superficiais (Lacerda *et al.*, 2004). Para estimar a população de cada rebanho em cada bacia utilizou-se a mesma metodologia que foi utilizada para estimar a população rural. A população de cada rebanho de cada município foi obtida pelo censo agropecuário (IBGE, 2006). Como a emissão de dejetos e sua composição química variam com o animal criado, utilizamos as mesmas estimativas utilizadas por Lacerda *et al.*, (2004) que são: 10 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹ de dejetos para bovinos e equinos com composição em nitrogênio e fósforo de 0,6% e 0,35%, respectivamente; 2,5 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹ de dejetos para suínos com composição em nitrogênio e fósforo de 0,5% e 0,3%, respectivamente; 1,0 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹ de dejetos para ovinos e caprinos com composição em nitrogênio e fósforo de 0,5%; e 0,18 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹ de dejetos para aves com composição em nitrogênio e fósforo de 1,2% e 1,3%, respectivamente. Vale ressaltar que partes desses dejetos ficam retidos nos solos. Portanto, estima-se que 20 a 35% do nitrogênio e de 35 a 60% do fósforo presente nos dejetos animais sejam eventualmente exportados para águas superficiais (NRC, 1993; Bouwman & Booij, 1998; NRC, 2003).

A agricultura é uma das principais fontes difusas de nitrogênio e fósforo. No entanto, o percentual de nitrogênio e fósforo aplicados como fertilizantes que é lixiviado para as águas superficiais varia com o tipo de solo e a prática agrícola. Para estimar a carga potencial de nutrientes das atividades agrícolas necessita-se da área de cada cultivar, da quantidade de fertilizantes aplicados, e das perdas estimadas dos fertilizantes aplicados. A área de cada cultivar localizado nas bacias em estudo foi estimada a partir dos dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2006). A quantidade de fertilizantes aplicados e sua perda variam de acordo com a cultura. Os valores utilizados aqui foram os mesmo utilizados por Lacerda *et al.* (2004) e encontram-se na Tabela 2. Com essas informações foi estimada a contribuição de nutrientes pela atividade de agricultura para cada bacia.

Tabela 2: Cultivar agrícola, quantidade de fertilizante aplicado, e a perda estimada dos fertilizantes aplicados. Os valores em intervalos de faixa indicam que tal cultivar apresenta uma quantidade mínima e máxima na aplicação de fertilizantes.

Cultivar	kg.N.ha	kg.P.ha	Perda de N (%)	Perda de P (%)
Banana	22	12	16	6
Laranja	120-180	30-60	16-25	0,7-1,4
Cana	90-275	20-40	26-32	6,0-20
Feijão	0-20	60	16-25	0,7-1,4
Mandioca	0-40	15-60	25	20
Milho	20-60	40-70	26-32	6,0-20

3. RESULTADOS

3.1 Caracterização das bacias hidrográficas

Tomando como base o modelo numérico de elevação da região do Seridó, delimitou-se as bacias hidrográficas de interesse (Figura 1). A bacia do açude Passagem das Traíras é a que apresenta maior área, totalizando, aproximadamente, 6109 km², 36 municípios, e abrangendo 19 sedes municipais. A bacia do açude Marechal Dutra (Gargalheiras) é a segunda maior bacia, totalizando uma área de aproximadamente 2125 km², 15 municípios, e abrangendo 4 sedes municipais. A bacia do açude Boqueirão de Parelhas (Ministro João Alves) é a terceira maior bacia, totalizando uma área de aproximadamente 1440 km², 14 municípios, e abrangendo 4 sedes municipais. A bacia do açude Itans é a quarta maior bacia, totalizando uma área de aproximadamente 1182 km², 12 municípios, e abrangendo 3 sedes municipais. A quinta maior bacia é a do açude Cruzeta, totalizando uma área de aproximadamente 1005 km², 10 municípios, e abrangendo 4 sedes municipais. A bacia do açude Sabugi é a sexta em área, totalizando, aproximadamente, 821 km², 10 municípios, e abrangendo 3 sedes municipais. A menor bacia

estudada é a do açude Carnaúba, com área aproximada de 320 km², 7 municípios, e abrangendo 1 sede municipal (Anexo 1).

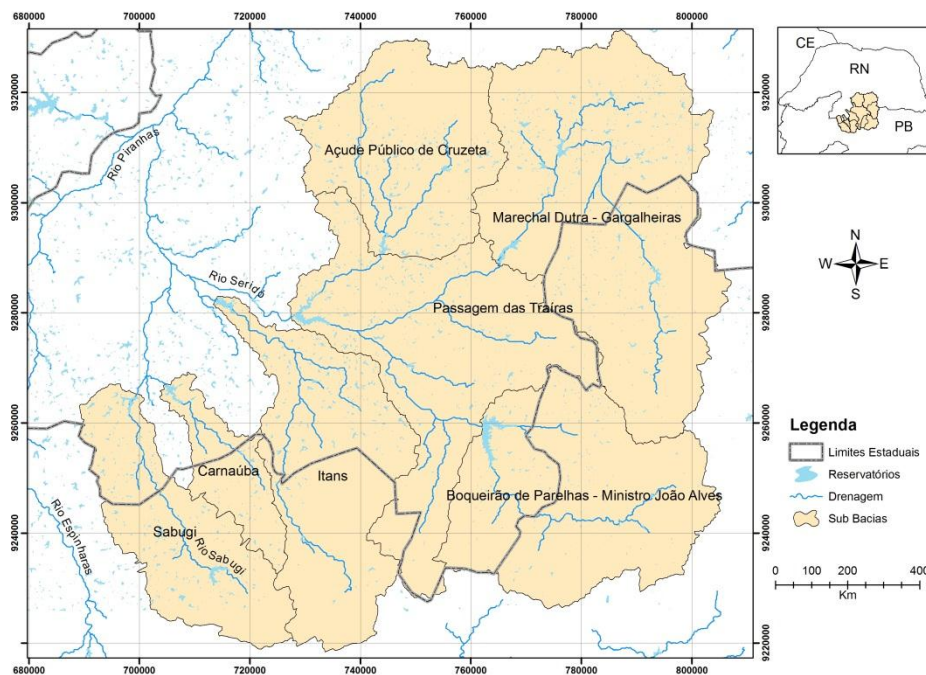


Figura 1. Bacias hidrográficas estudadas na região do Seridó
Utilizando-se os dados SRTM do projeto Brasil em Relevo da Embrapa Monitoramento por Satélite (Miranda *et al.*, 2005), foi gerado um mapa altimétrico da região estudada (Figura 2), com os valores variando de um mínimo de 48 metros e um máximo de 1186 metros.

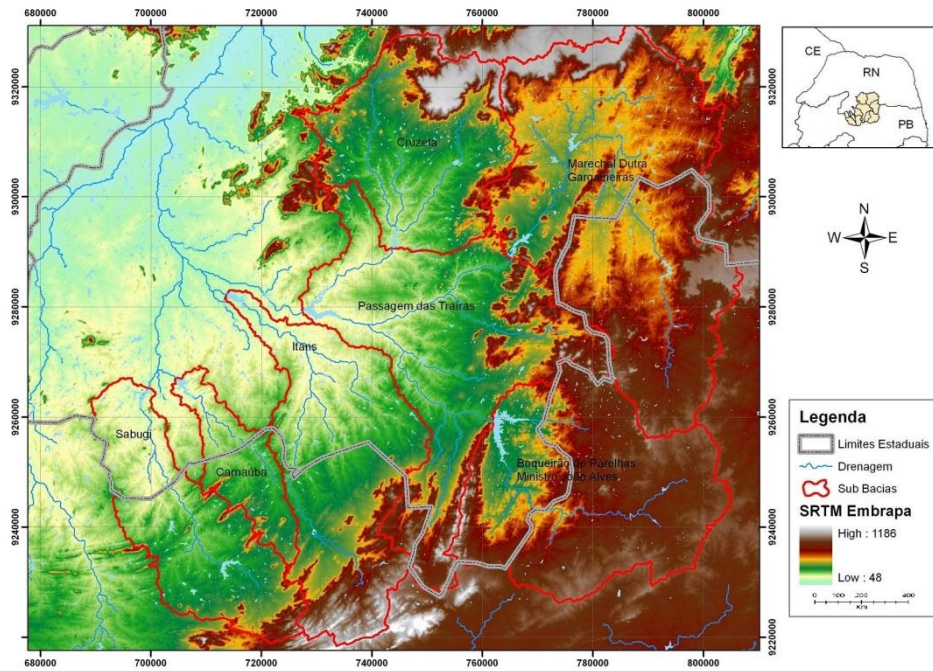


Figura 2. Altimetria das bacias estudadas na região do Seridó

A bacia do açude Itans apresenta a maior área de caatinga antropizada enquanto a bacia do açude Sabugi possui a maior área de caatinga remanescente (Tabela 3). As figuras 3 a 9 apresentam os mapas das áreas de caatinga antropizada e remanescente de cada bacia.

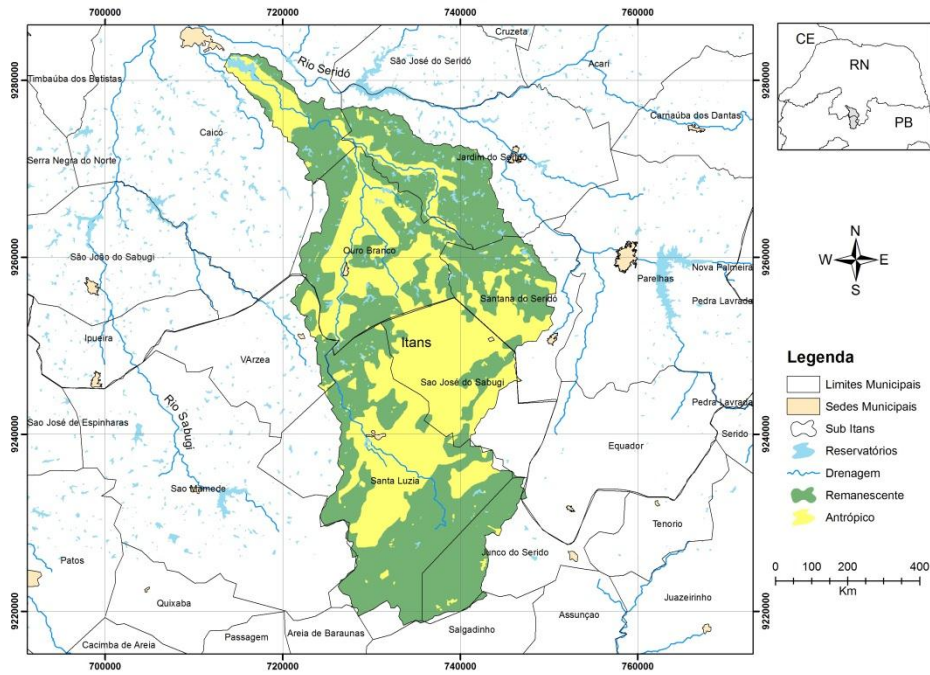


Figura 3. Mapa da bacia do açude Itans mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente

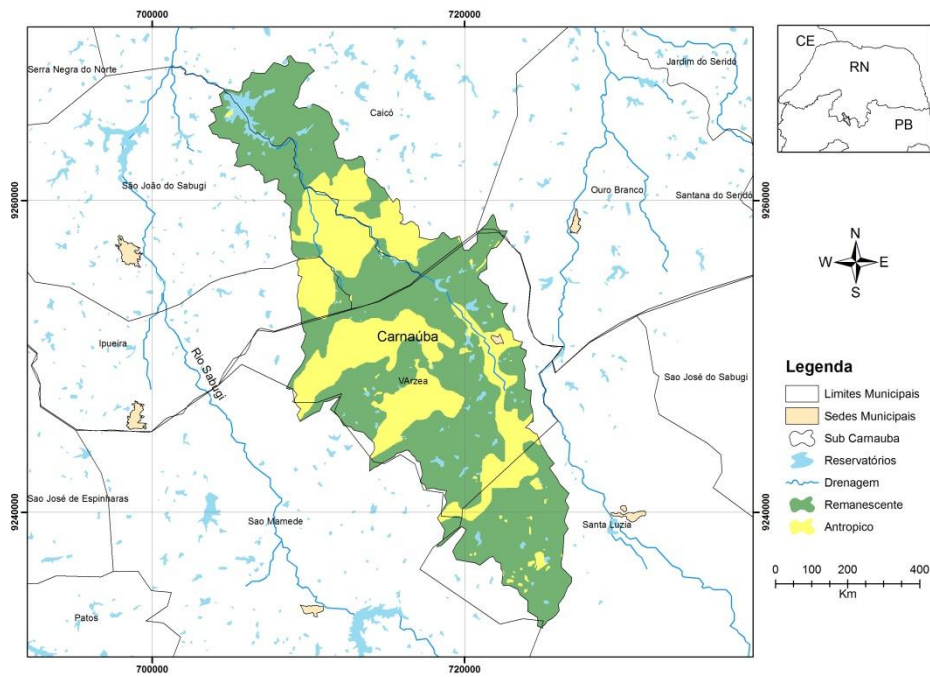


Figura 4. Mapa da bacia do açude Carnaúba mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente.

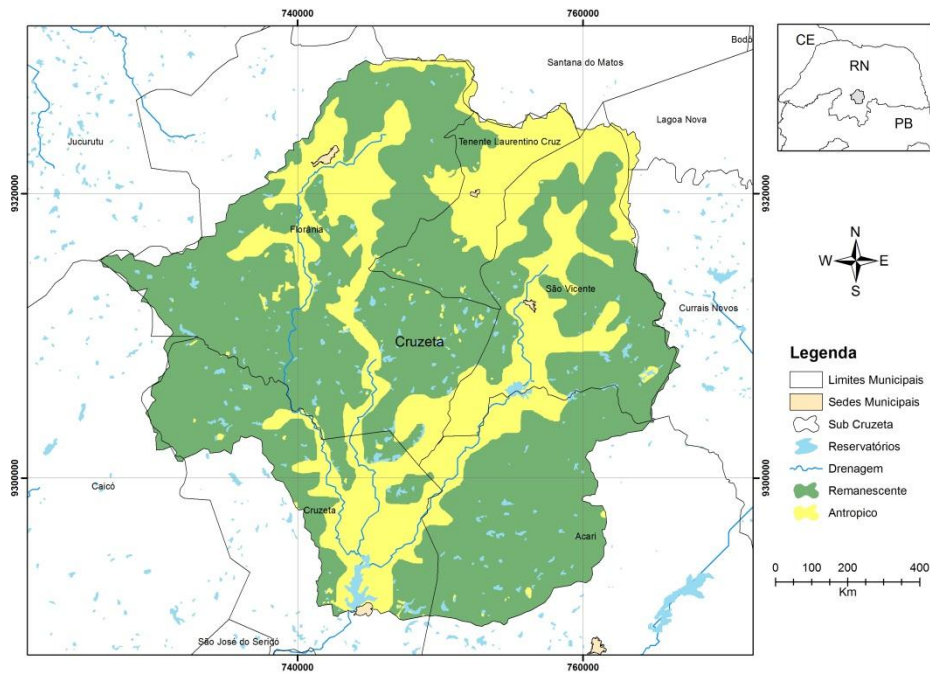


Figura 5. Mapa da bacia do açude Cruzeta mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente

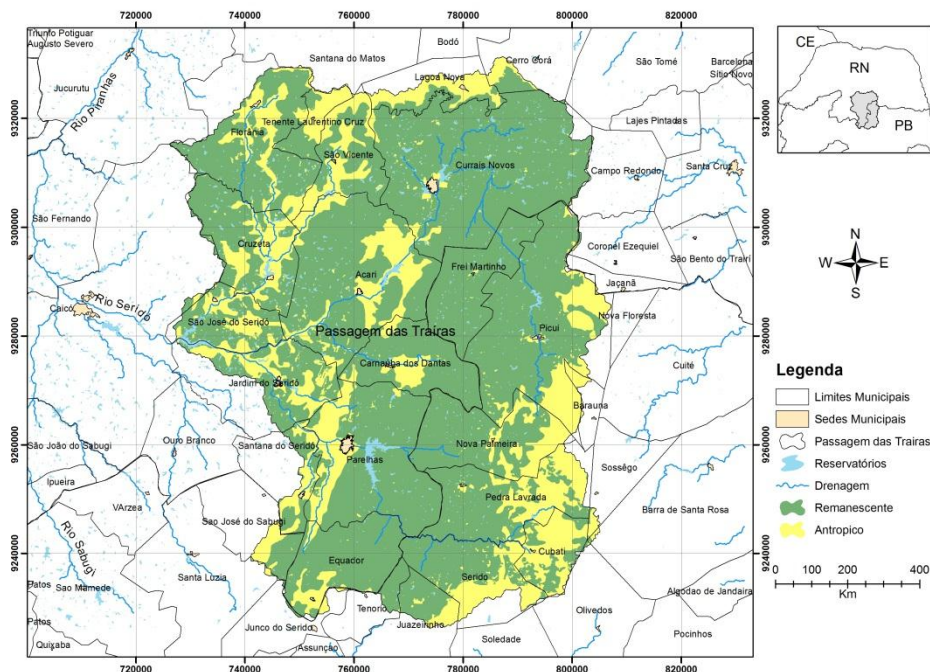


Figura 6. Mapa da bacia do açude Passagem das Traíras mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente

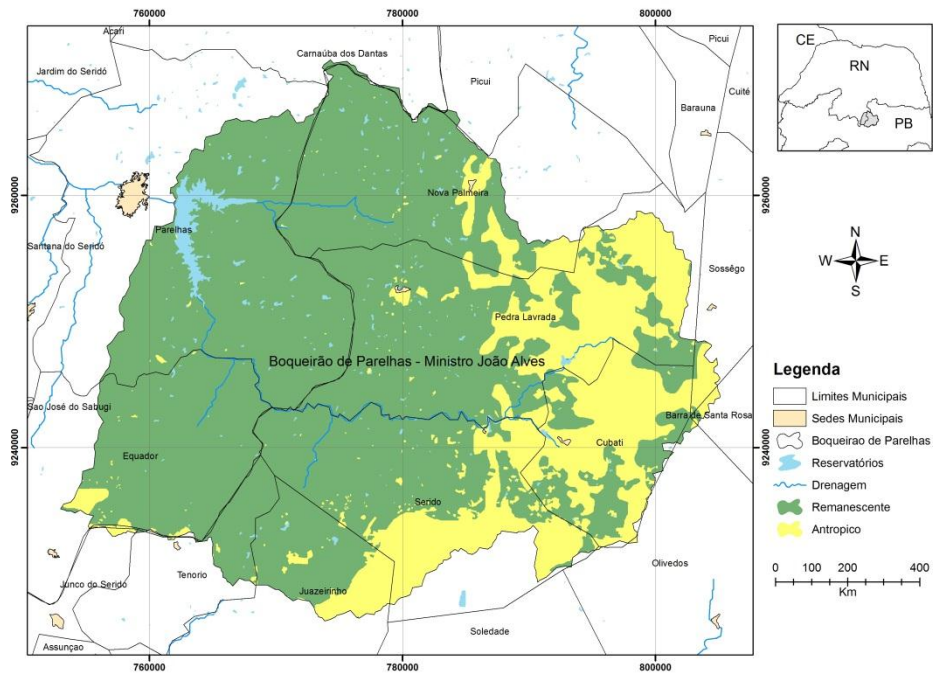


Figura 7. Mapa da bacia hidrográfica do açude Boqueirão de Parelhas mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente

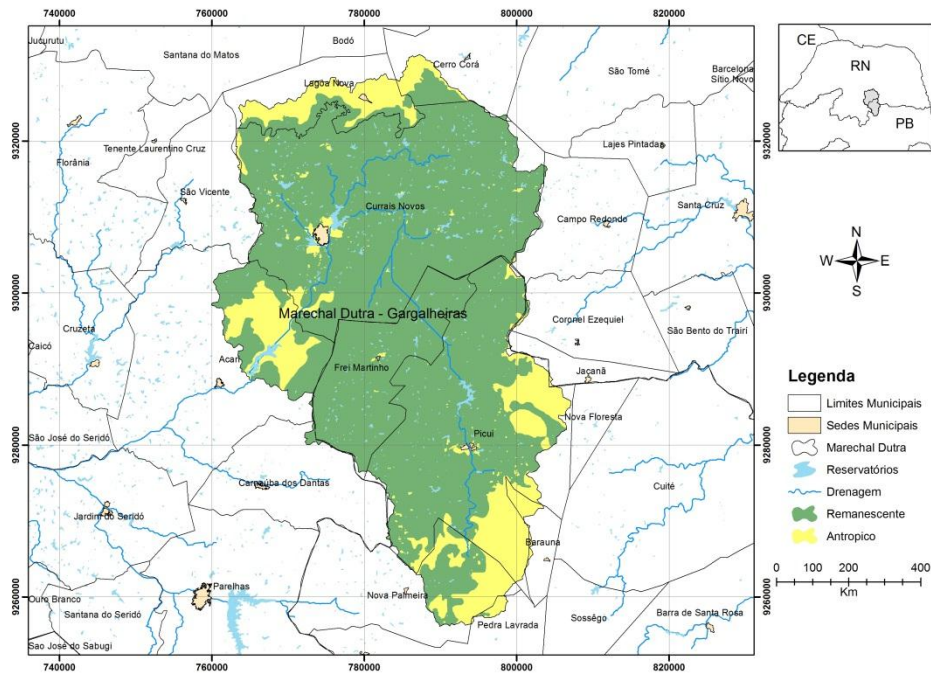


Figura 8. Mapa da bacia do açude Marechal Dutra mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente

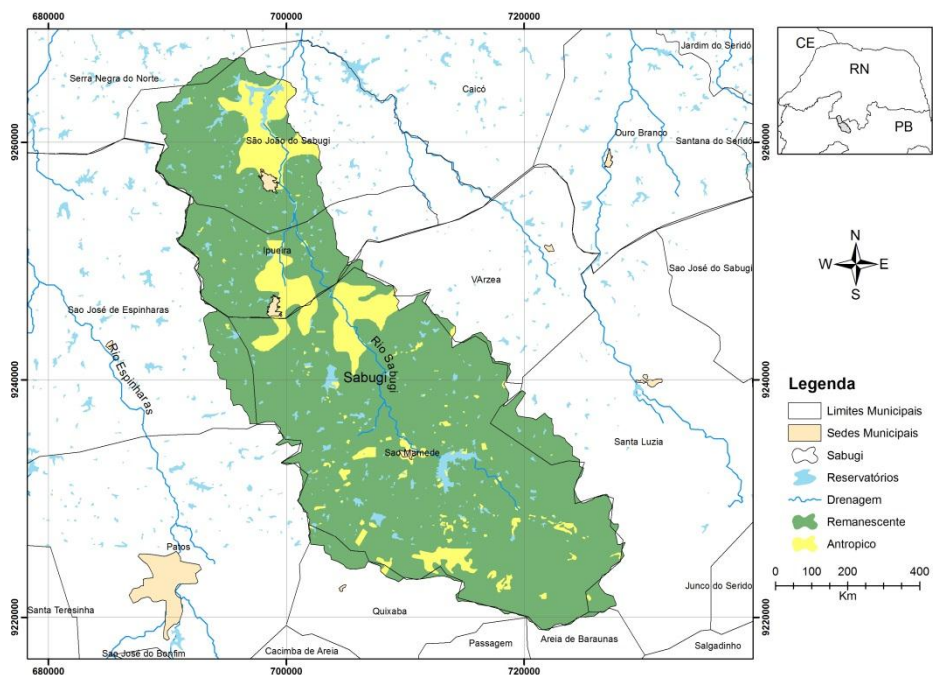


Figura 9. Mapa da bacia do açude Sabugi mostrando em amarelo as áreas de caatinga antropizada e em verde as áreas de caatinga remanescente

3.2 Estimativas das cargas de N e P para as bacias

3.2.1 Emissões de fontes naturais

3.2.1.1 Deposição atmosférica

A partir das informações da área da bacia, da concentração de nutrientes na deposição (em 1000 mm), e da retenção pelos solos, foi estimada a carga de nutrientes que entra nas bacias hidrográficas por esta via (Tabela 3).

3.2.1.2 Denudação química e física de solos

A partir dos dados de solos disponíveis para o Rio Grande do Norte (IDEMA) e Paraíba (AESA), foram calculadas as áreas de ocorrência de cada tipo de solo em cada bacia. De forma geral, os principais solos das bacias são das categorias Neossolos Litólicos e Luvisolos. A exceção fica por conta da

bacia do açude Marechal Dutra (Gargalheiras), na qual o solo Luvissolos apresenta uma pequena área de abrangência (48,6 km²), sendo o quarto tipo de solo mais abundante da bacia. O anexo 2 contém as áreas de cada classe de solo, a massa de solo perdida por ano, a carga de N e P natural de cada classe de solo, a soma das cargas de N e P naturais dos solos e aquela que foi retida oriunda da deposição atmosférica, e a carga potencial de N e P que contribui para os reservatórios de cada bacia, já que parte da carga total fica retida no próprio solo. A tabela 3 apresenta as cargas de N e P oriundas pela denudação física e química dos solos das bacias.

3.2.1.3 Emissões naturais totais

A tabela 3 resume as cargas de nutrientes oriundas de fontes naturais para as sete bacias incluídas no presente estudo. Via de regra, as cargas de origem natural são dependentes da área da bacia.

As maiores cargas ocorrem na bacia maior, Passagem das Traíras. As menores cargas ocorrem na menor bacia, Carnaúba. Porém, a bacia Boqueirão de Parelhas, mesmo com uma área superior às bacias do Itans, Cruzeta e Sabugi, apresenta menor carga de N de origem natural, possivelmente devido a sua baixa taxa de perda de solos (10 t.km⁻².ano⁻¹).

Tabela 3: Bacia, área total, área antropizada, área remanescente, pluviosidade média anual, emissão por deposição atmosférica (N e P), emissão por denudação do solo (N e P) e emissão total (t.ano⁻¹) oriundas de fontes naturais das bacias do Seridó.

Bacia	Área (km ²)	Antropizada km ² (%)	Remanescente km ² (%)	Pluviosidade (mm)	Deposição Atmosférica (t.ano ⁻¹)*		Denudação do solo (t.ano-1)**		Emissão total (t.ano-1)	
					N	P	N	P	N	P
Passagem das Traíras	6109	1524,9 (25)	4470 (73,2)	500	113,0	7,3	258,1	7,2	371,1	14,5
Marechal Dutra	2125	381,7 (18)	1702,3 (80,1)	500	39,3	2,6	91,3	2,5	130,6	5,1
Boqueirão de Parelhas	1440	340,3 (23,6)	1076,3 (74,8)	450	24,0	1,6	17,3	1,1	41,3	2,7
Itans	1182	489,2 (41,4)	671,3 (56,8)	550	24,1	1,6	50,8	1,5	74,9	3,0
Cruzeta	1005	316,8 (31,5)	668,2 (66,5)	475	17,7	1,1	51,0	1,2	68,7	2,4
Sabugi	821	96,8 (11,8)	699,9 (85,3)	700	21,3	1,4	38,9	1,3	60,1	2,7
Carnaúba	320	104,2 (32,6)	207,5 (64,9)	650	7,7	0,5	14,8	0,5	22,5	1,0

* Deposição média de N (100 mg.m⁻².ano⁻¹) e P (8 mg.m⁻².ano⁻¹) x Área da bacia, ponderado pela pluviosidade média anual de cada bacia e corrigido por fatores de retenção de cada elemento no solo (N: 63% e P: 70%);

** (Concentração do elemento por tipo de solo x perda de solo (10 t.km⁻².ano⁻¹ para Boqueirão de Parelhas, 196 t.km⁻².ano⁻¹ para Cruzeta, e 150 t.km⁻².ano⁻¹ para os demais) x área do solo) + (parte oriunda da deposição atmosférica retida no solo). Corrigido por fatores de retenção de cada elemento no solo (N:65% e P: 70%).

3.2.2 Emissões de fontes antropogênicas

3.2.2.1 Águas servidas (esgotos domésticos)

Com as informações das populações urbanas e rurais, das concentrações típicas de N e P nos efluentes, e do consumo/emissão de água servida, foi estimada a carga de nutrientes por água servida para cada bacia (Tabela 4).

Tabela 4: Bacias, população urbana, população rural, população total, emissões urbana, rural e total de N ($t.ano^{-1}$), e emissões urbana, rural e total de P ($t.ano^{-1}$) para as bacias do Seridó.

Bacia	População			Nitrogênio ($t.ano^{-1}$)*			Fósforo ($t.ano^{-1}$ **)		
	Urbana	Rural	Total	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Total
Passagem das Traíras	140130	48728	188858	383,6	97,8	481,4	107,4	27,4	134,8
Marechal Dutra	58527	17070	75597	160,2	34,3	194,5	44,9	9,6	54,5
Boqueirão de Parelhas	15000	11141	26141	41,1	22,4	63,4	11,5	6,3	17,8
Itans	19326	5383	24709	52,9	10,8	63,7	14,8	3,0	17,8
Cruzeta	18298	10182	28480	50,1	20,4	70,5	14,0	5,7	19,7
Sabugi	12563	2477	15040	34,4	5,0	39,4	9,6	1,4	11,0
Carnaúba	1835	1068	2903	5,0	2,1	7,2	1,4	0,6	2,0

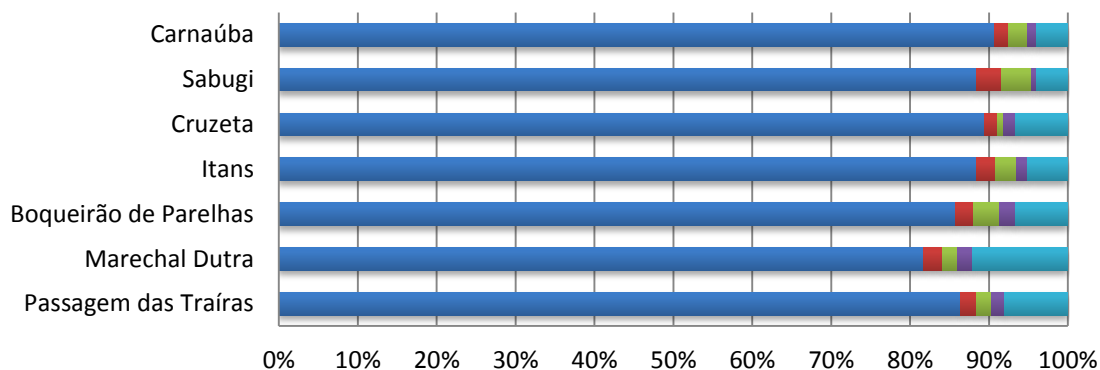
*População x consumo médio de água (urbano: $150 L.hab^{-1}.dia^{-1}$; rural: $110 L.hab^{-1}.dia^{-1}$) x concentração média de N nas águas servidas ($50 mg.L^{-1}$);

** População x consumo médio de água (urbano: $150 L.hab^{-1}.dia^{-1}$; rural: $110 L.hab^{-1}.dia^{-1}$) x concentração média de P nas águas servidas ($14 mg.L^{-1}$)

3.2.2.2 Pecuária

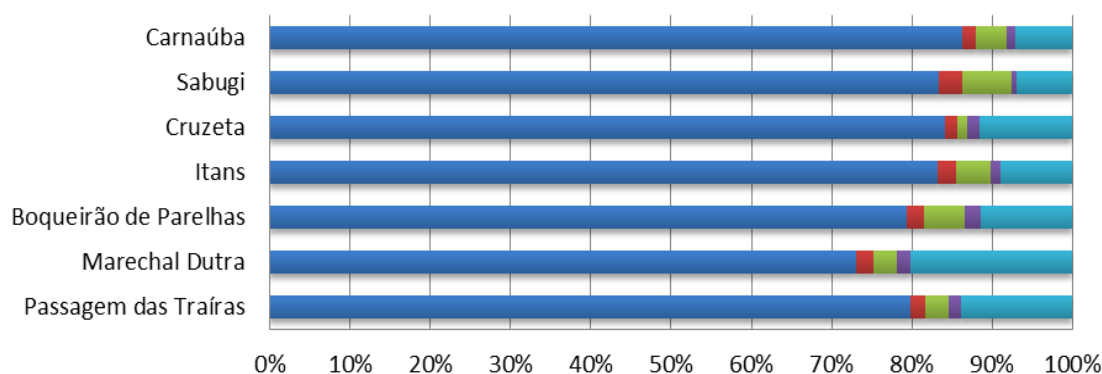
Com as informações das populações dos rebanhos, as concentrações de N e P nos dejetos, e a quantidade de dejetos gerados por rebanho, foi estimada a contribuição antrópica de nutrientes pela atividade pecuária em cada bacia estudada (Tabela 5). Os anexos 3 e 4 apresentam os valores de estimativas das emissões (t.ano-1) de N e P oriundos da atividade da pecuária bovina, equina, caprina, suína, e aves. A Figura 10 apresenta as emissões de nitrogênio (a) e fósforo (b) por tipo de rebanho oriundas da pecuária nas sete bacias estudadas.

Nitrogênio



	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Bovinos (t.ano-1)	654,6	188,9	88,8	132,2	135,2	82,8	39,7
■ Equinos (t.ano-1)	15,0	5,4	2,3	3,6	2,5	3,0	0,8
■ Caprinos (t.ano-1)	13,8	4,5	3,3	4,0	1,1	3,5	1,0
■ Suínos (t.ano-1)	12,4	4,3	2,2	2,1	2,4	0,6	0,5
■ Aves (t.ano-1)	61,3	28,1	6,9	7,6	10,0	3,7	1,8

Fósforo



	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Bovinos (t.ano-1)	659,5	190,4	89,5	133,2	136,2	83,4	40,0
■ Equinos (t.ano-1)	15,1	5,5	2,4	3,6	2,5	3,0	0,8
■ Caprinos (t.ano-1)	23,8	7,7	5,8	6,9	1,9	6,1	1,8
■ Suínos (t.ano-1)	12,9	4,4	2,3	2,1	2,5	0,6	0,5
■ Aves (t.ano-1)	114,8	52,5	12,8	14,2	18,7	7,0	3,3

Figura 10. Emissões de nitrogênio (a) e fósforo (b), por tipo de rebanho, oriundas da pecuária nas sete bacias estudadas.

Tabela 5: Emissões de N e P pela atividade de pecuária para as bacias estudadas. Valores corrigidos com a porcentagem que é exportada para os corpos d'água.

Bacia	N (t.ano ⁻¹)*		P (t.ano ⁻¹)**	
	20%	35%	35%	60%
Passagem das Traíras	550,6	963,6	608,7	1043,5
Marechal Dutra	168,1	294,2	191,9	329
Boqueirão de Parelhas	75,3	131,7	83	142,3
Itans	108,7	190,2	117,9	202,1
Cruzeta	110	192,4	119,3	204,4
Sabugi	68,1	119,1	73,8	126,5
Carnaúba	31,8	55,7	34,1	58,5

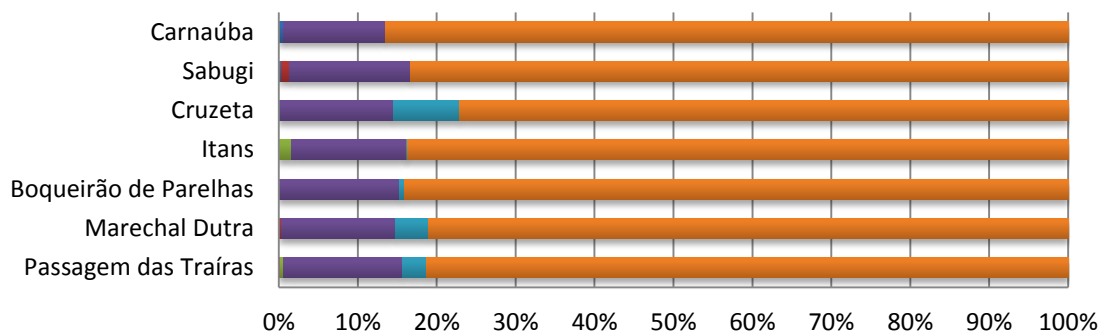
* População dos rebanhos x quantidade de dejetos por animal (Bovinos e equinos: 10 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹; Suínos: 2,5 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹; Ovinos e caprinos: 1,0 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹; Aves: 0,18 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹) x concentração média de N (Bovinos e equinos: 0,6%; Suínos: 0,5%; Ovinos e caprinos: 0,5%; Aves: 1,2%), corrigido por fatores de retenção (N:20% a 35%);

** População dos rebanhos x quantidade de dejetos por animal (Bovinos e equinos: 10 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹; Suínos: 2,5 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹; Ovinos e caprinos: 1,0 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹; Aves: 0,18 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹) x concentração média de N (Bovinos e equinos: 0,35%; Suínos: 0,3%; Ovinos e caprinos: 0,18%; Aves: 1,3%), corrigido por fatores de retenção (N:35% a 60%)

3.2.2.3 Agricultura

Com as informações da área de cada cultivar, quantidade de fertilizantes aplicados, e das perdas estimadas dos fertilizantes aplicados, foram estimadas as emissões dos nutrientes de cada cultivo para cada bacia (Anexo 5). A tabela 6 apresenta as emissões de N e P pela atividade de agricultura. A figura 11 apresenta as emissões de nitrogênio (a) e fósforo (b), por cultivar agrícola, oriundas da agricultura nas sete bacias estudadas.

Nitrogênio



	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Banana (t.ano-1)	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
■ Laranja (t.ano-1)	0,4	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
■ Cana (t.ano-1)	1,2	0,0	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0
■ Feijão (t.ano-1)	52,2	18,0	15,6	6,3	7,5	3,6	1,4
■ Mandioca (t.ano-1)	10,5	5,1	0,8	0,1	4,4	0,0	0,0
■ Milho (t.ano-1)	280,8	100,3	86,5	36,4	40,6	19,9	9,5

Fósforo

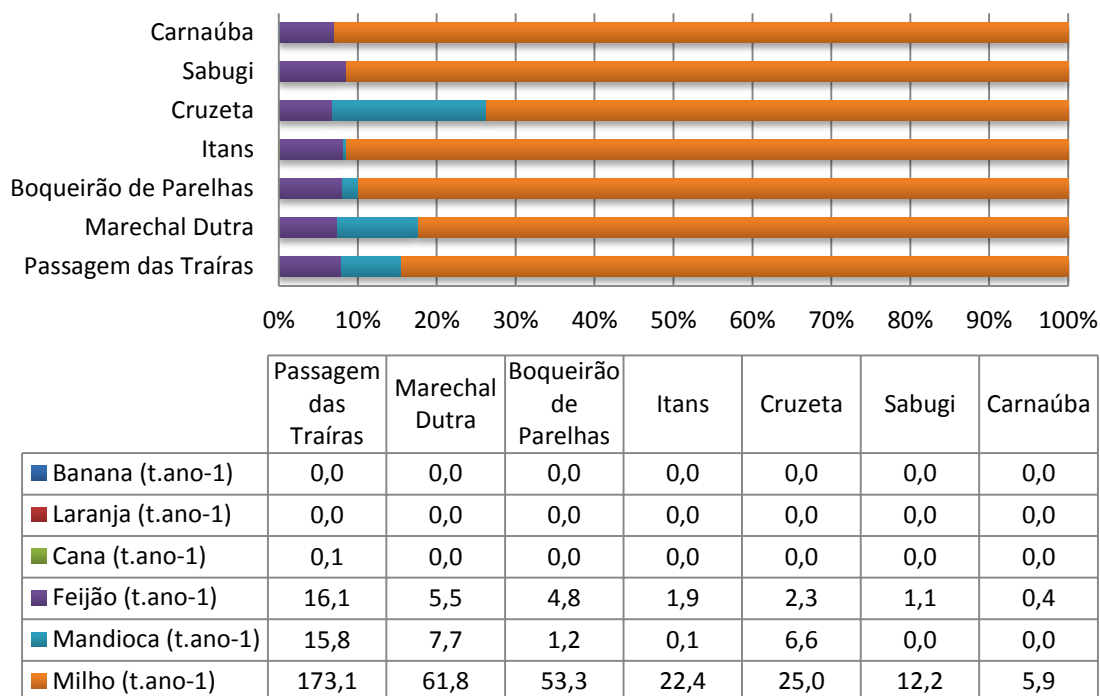


Figura 11. Emissões de nitrogênio (a) e fósforo (b) oriundas da agricultura nas sete bacias estudadas.

Tabela 6: Emissões (t.ano⁻¹) de N e P pela atividade de agricultura para as bacias estudadas. Os valores em faixa indicam que as emissões variam de acordo com o intervalo de quantidade de fertilizantes aplicados e com o intervalo de perda dos fertilizantes para o solo.

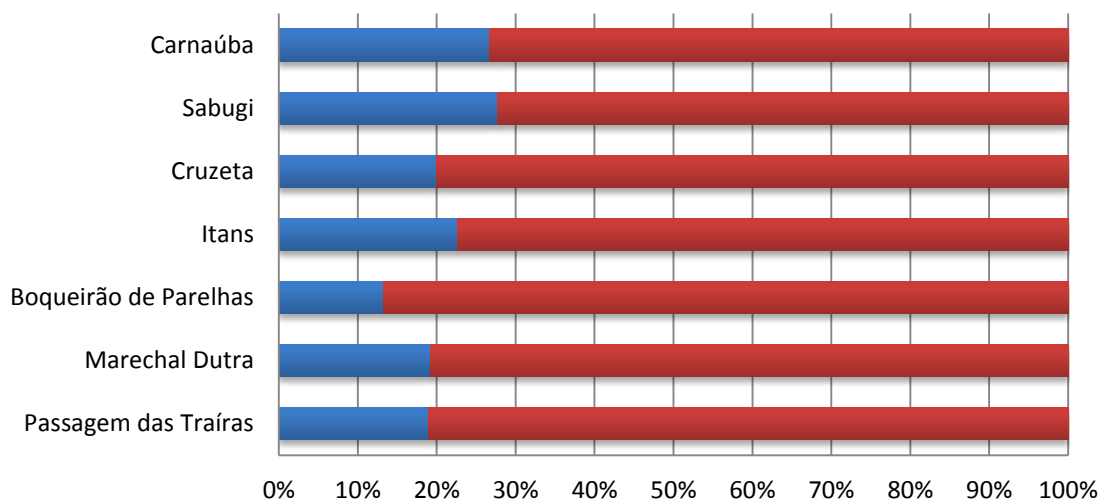
Bacia	N (t.ano ⁻¹)*	P (t.ano ⁻¹)*
Passagem das Traíras	304,6 - 386,1	106,4 - 303,6
Marechal Dutra	109,4 - 138,2	39,9 - 110,2
Boqueirão de Parelhas	90,6 - 115,3	29 - 89,6
Itans	38,2 - 48,7	11,8 - 37,3
Cruzeta	46,8 - 58,5	19,7 - 48,2
Sabugi	20,9 - 26,7	6,4 - 20,3
Carnaúba	9,7 - 12,3	3 - 9,6

*Área de cada cultivar x quantidade de fertilizante utilizada por cultivar (Cana: 90-275 kg.N.ha e 20-40 kg.P.ha; Feijão: 0-20 kg.N.ha e 60 kg.P.ha; Mandioca: 0-40 kg.N.ha e 15-60 kg.P.ha; Milho: 20-60 kg.N.ha e 40-70 kg.P.ha; Banana: 22 kg.N.ha e 12 kg.P.ha; Cítricos: 120-180 kg.N.ha e 30-60 kg.P.ha), corrigido pela percentagem de fertilizantes perdidos pela aplicação (Cana: 26%-32% N e 6%-20% P; Feijão: 16%-25% N e 0,7%-1,4% P; Mandioca: 25% N e 20% P; Milho: 26%-32% N e 6%-20% P; Banana: 16% N e 6% P; Cítricos: 16%-25% N e 0,7%-1,4% P)

3.3 Importância relativa das fontes naturais e antrópicas de nutrientes

A figura 12 apresenta a importância relativa das emissões naturais e antrópicas de nutrientes para cada uma das sete bacias em estudo. As estimativas mostram que as emissões tanto de N quanto para o P são de origem predominantemente antrópica, com as emissões antrópicas de N variando de 73% (Carnaúba) a 87% (Boqueirão de Parelhas), e as emissões antrópicas de P variando de 98% (Sabugi e Carnaúba) a 99% (Passagem das Traíras, Marechal Dutra, Boqueirão de Parelhas, Itans e Cruzeta).

Nitrogênio



	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Natural (t.ano-1)	371,1	130,6	41,3	74,9	68,7	60,1	22,5
■ Antrópico (t.ano-1)	1583,9	549,4	269,9	256,6	274,3	156,8	61,9

Fósforo

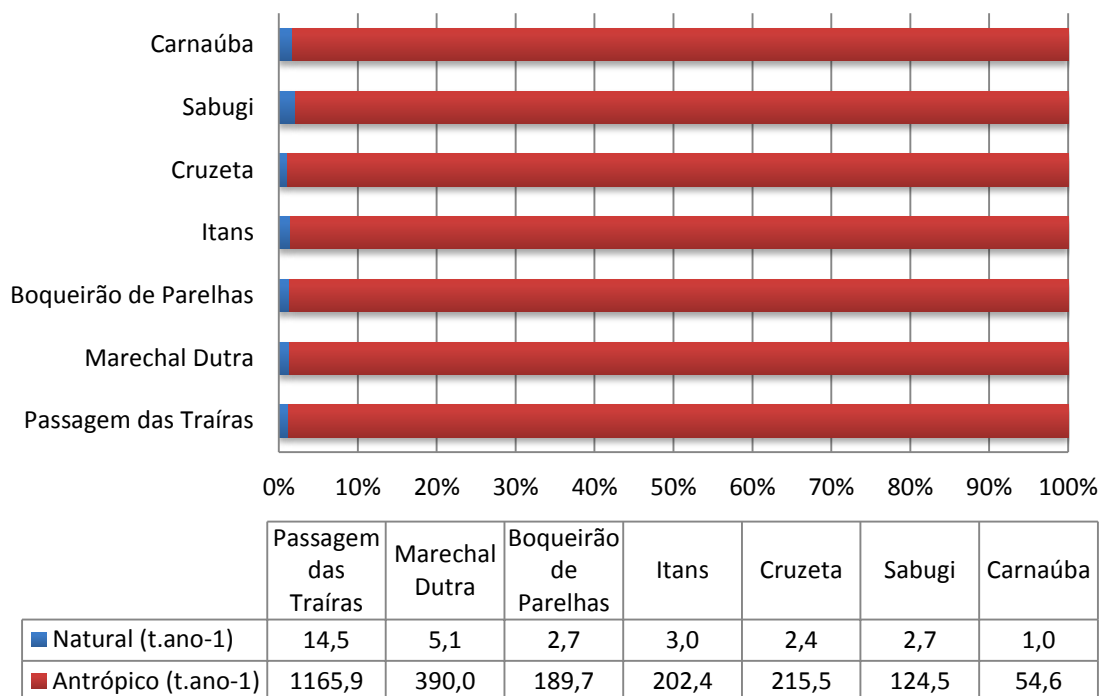
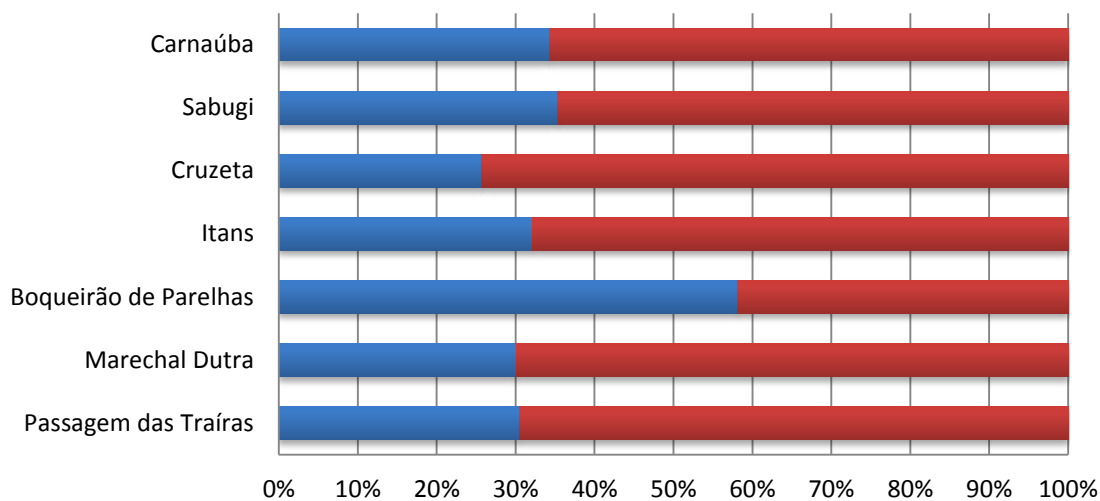


Figura 12. Emissões naturais e antrópicas de nitrogênio (a) e fósforo (b) nas sete bacias estudadas

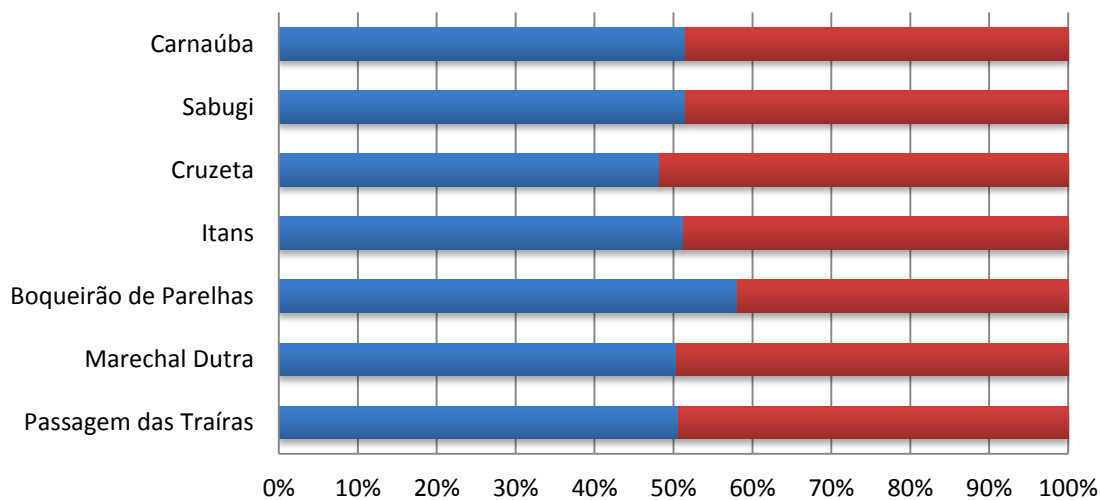
A figura 13 mostra que, dentre as fontes naturais, a importância do aporte de nutrientes para os açudes varia. Para o N a denudação química e física dos solos é o principal contribuinte, variando de 65% (Sabugi) a 74% (Cruzeta); para o P as contribuições de ambas as fontes se equivalem. A exceção é a bacia do Boqueirão de Parelhas. Nesta bacia, para ambos os nutrientes, a deposição atmosférica é o principal contribuinte.

Nitrogênio



	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Atmosfera (t.ano-1)	113,0	39,3	24,0	24,1	17,7	21,3	7,7
■ Solos (t.ano-1)	258,1	91,3	17,3	50,8	51,0	38,9	14,8

Fósforo

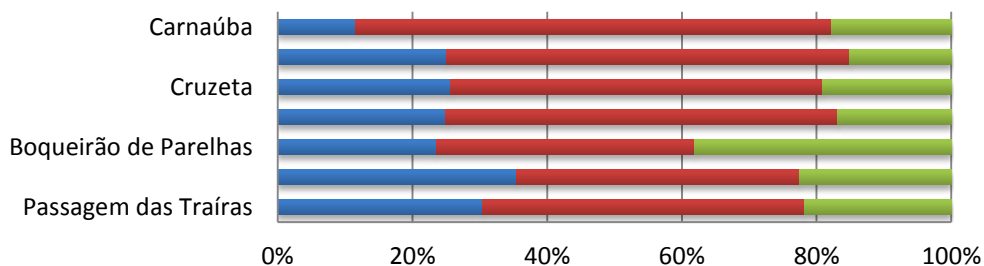


	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Atmosfera (t.ano-1)	7,3	2,6	1,6	1,6	1,1	1,4	0,5
■ Solos (t.ano-1)	7,2	2,5	1,1	1,5	1,2	1,3	0,5

Figura 13. Emissões naturais de nitrogênio (a) e fósforo (b) nas sete bacias estudadas

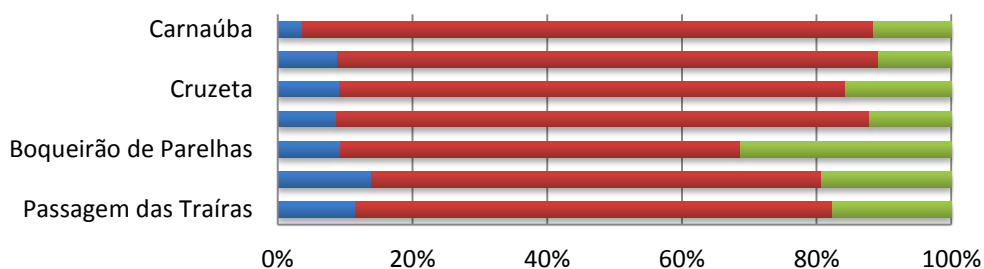
A figura 14 apresenta a contribuição relativa de N e P nas bacias estudadas para cada atividade antrópica analisada. Para o N, as emissões com origem na pecuária é maior que 50% em quatro (Itans, Cruzeta, Sabugi e Carnaúba) das 7 bacias estudadas. Para o P, as emissões pela pecuária é a principal responsável (mais que 50%) em todas as bacias estudadas.

Nitrogênio



	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Efluentes (t.ano-1)	481,4	194,5	63,4	63,7	70,5	39,4	7,2
■ Pecuária (t.ano-1)	757,1	231,1	103,5	149,4	151,2	93,6	43,8
■ Agricultura (t.ano-1)	345,4	123,8	103,0	43,5	52,6	23,8	11,0

Fósforo



	Passagem das Traíras	Marechal Dutra	Boqueirão de Parelhas	Itans	Cruzeta	Sabugi	Carnaúba
■ Efluentes (t.ano-1)	134,8	54,5	17,8	17,8	19,7	11,0	2,0
■ Pecuária (t.ano-1)	826,1	260,5	112,7	160,0	161,9	100,1	46,3
■ Agricultura (t.ano-1)	205,0	75,1	59,3	24,5	33,9	13,4	6,3

Figura 14. Emissões antrópicas de nitrogênio (a) e fósforo (b) nas sete bacias estudadas.

3.4. Estado trófico dos açudes e fatores de emissão

Com o objetivo de validar os valores de aportes de nutrientes calculados a partir dos fatores de emissão, foi gerada uma tabela com valores de variáveis limnológicas (fósforo total e nitrogênio total) e os valores calculados a partir do uso de fatores de emissão (Tabela 7). Os dados das variáveis limnológicas foram obtidos de Mesquita (2009) em levantamento realizado durante três anos (2006, 2007 e 2008).

Tabela 7. Estado trófico dos açudes e valores de nitrogênio e fósforo gerados por fatores de emissão

Bacia	Mesquita (2009)		Fatores de Emissão	
	P total ($\mu\text{g/L}$)	N total ($\mu\text{g/L}$)	P total (t.ano^{-1})	N total (t.ano^{-1})
Passagem das Traíras	86,6 ($\pm 41,5$)	558 (± 661)	1180,4	1955,0
Marechal Dutra	148 ($\pm 50,6$)	1405 (± 733)	395,1	680,0
Boqueirão de Parelhas	81,5 ($\pm 42,3$)	592 (± 357)	192,4	311,1
Itans	96,7 ($\pm 42,9$)	508 (± 516)	205,4	331,4
Cruzeta	93,9 ($\pm 57,8$)	218,2 (± 58)	217,9	343,1
Sabugi	58,7 ($\pm 27,7$)	535 (± 326)	127,2	216,9
Carnaúba	87 (± 39)	1814 (± 669)	55,6	84,4

4. Discussão

Quanto às emissões de fontes naturais nota-se que a bacia do reservatório Passagem das Traíras é a que recebe a maior carga de nutrientes via deposição atmosférica (Tabela 3). As variáveis que podem influenciar nos valores das estimativas por esta via são a área e a pluviosidade média da bacia. Realizando uma análise de regressão linear simples, verificou-se que a variável “área” explica melhor as estimativas de N e P pela deposição

atmosférica ($r^2=0,9943$) em relação a variável “pluviosidade” ($r^2=0,1051$). Porém, a bacia Cruzeta, mesmo apresentando uma área maior que a bacia Sabugi em 184 km², apresentou menores valores de emissão de N e P através da deposição atmosférica, possivelmente por apresentar a menor pluviosidade média entre as bacias estudadas (475mm).

Analisando a Tabela 3, observa-se que a bacia do açude Passagem das Traíras foi a que apresentou a maior carga de nutrientes oriunda da denudação física e química do solo. Tal resultado pode ser devido a maior área que a bacia apresenta em relação as outras estudadas ($N_{denudação \times Área Total} r^2=0,9563$; $P_{denudação \times Área Total} r^2=0,9856$). Porém, esse comportamento só foi observado nas bacias que tiveram o valor para a variável “perda de solo” igual a 150 t.km⁻².ano⁻¹ (Passagem das Traíras, Marechal Dutra, Itans, Sabugi e Carnaúba). Para as bacias do Boqueirão de Parelhas e Cruzeta foram utilizadas taxas diferentes de perda de solos, 10 t.km⁻².ano⁻¹ (15 vezes menor que as demais) e 196 t.km⁻².ano⁻¹, respectivamente, o que pode ter influenciado na menor emissão por denudação química e física do solo na bacia Boqueirão de Parelhas. A reduzida taxa de perda de solo da bacia Boqueirão de Parelhas deve-se em grande parte ao bom estado de conservação do trecho médio e inferior da bacia devido à presença de uma unidade de conservação. Observando a Figura 7 podemos verificar que grande parte dos solos da bacia apresenta-se protegida pela cobertura vegetal (74,76%), protegendo da erosão do solo e do escoamento superficial, contribuindo com essa baixa taxa de perda de solos. Albuquerque et. al. (2001) e Albuquerque et. al. (2002), estudando solos do Seridó Paraibano concluíram que a manutenção da cobertura nativa protegendo o solo pode reduzir 99% da perda de solos.

O fato da bacia Cruzeta apresentar uma taxa de perda de solos superior a todas as outras bacias não determinou uma maior emissão por denudação química e física do solo, tendo inclusive, para o P, emissão inferior a bacia do Sabugi, a qual apresenta tanto uma taxa de perda de solo quanto uma área menor que a bacia Cruzeta. Este fato pode ser explicado pelas classes e fertilidade dos solos presente em cada bacia; apesar da bacia do Sabugi ter uma menor diversidade de solos (Neossolos Litólicos, Luvissolos e Neossolos

Flúvicos) do que a bacia do Cruzeta (Neossolos Litólicos, Luvisolos, Latossolo e Podzólico), ela apresenta uma área de aproximadamente 62 km² de solos Neossolos Flúvicos, os quais apresentam concentrações superiores de N e P (900 mgN.kg⁻¹ e 30 mgP.kg⁻¹), colaborando para essa quantidade de P maior do que na bacia do Cruzeta. Assim, além da variável “área”, tanto a taxa de perda de solos quanto as classes e a fertilidade dos solos em cada bacia, também mostraram ser variáveis importantes no uso de fatores de emissão por denudação química e física do solo.

Entre as fontes naturais, verificamos que para o elemento N, a denudação química e física dos solos contribuiu com mais de 65% (Sabugi) das emissões, alcançando um máximo de 74% na bacia Cruzeta. Já para o P as contribuições de ambas as fontes se equivalem, com uma contribuição um pouco maior da deposição atmosférica. A exceção é a bacia do Boqueirão de Parelhas. Nesta bacia, para ambos os nutrientes, a deposição atmosférica é o principal contribuinte, com mais de 58% das emissões. Tais resultados diferiram dos trabalhos de Lacerda et al. (2004), Lacerda (2006) e Lacerda et al. (2008), nos quais, para ambos os elementos, as cargas naturais foram oriundas principalmente da denudação física e química dos solos. Em recente trabalho, Paula et. al. (2010), estudando a bacia inferior do Rio das Contas, Bahia, de características semelhantes à bacia do Passagem das Traíras, encontraram resultados semelhantes aos das bacias do Seridó, com a deposição atmosférica contribuindo com cerca de 77% do P e os solos contribuindo com cerca de 60% do N.

Relacionando a emissão total de N e P de origem natural de cada bacia com as suas respectivas áreas obteve-se um valor de $r^2 = 0,9739$; para o P, o valor de $r^2 = 0,9912$, mostrando que as emissões de fontes naturais são influenciadas principalmente pela área da bacia.

Quanto as fontes antrópicas, analisando-se a emissão por efluentes domésticos, verificamos que a relação maior área → maior emissão persiste ($r^2=0,9812$), porém a variável “população” também influencia nas emissões por efluentes domésticos ($r^2=0,9999$), mostrando que as características

populacionais e o grau de urbanização de cada bacia são importantes. Podemos observar isto, por exemplo, quando comparamos bacias de diferentes tamanhos e diferentes graus de urbanização (Tabela 4) como as bacias do Cruzeta, Itans e Boqueirão de Parelhas. Apesar da bacia do Cruzeta ser menor que as bacias do Itans e do Boqueirão de Parelhas, foi a que apresentou maiores valores de N e P dentre as três, principalmente em relação ao P, evidenciando que as características populacionais das bacias são importantíssimas na análise de fatores de emissão. Os resultados da emissão por efluentes encontrados para bacia Passagem das Traíras, 481,4 t.N.ano⁻¹ e 134,8 t.P.ano⁻¹, foram similares aos apresentados por Paula et. al. (2010) para o rio das Contas, Bahia, com uma população total de pouco menos de 130.000 habitantes (447 t.N.ano⁻¹ e 128 t.P.ano⁻¹).

Para a pecuária, observando a Figura 10, verificamos que a emissão de nitrogênio e fósforo é dominada pelo rebanho bovino, pelo seu maior volume de dejetos e quantidade de cabeças. Embora o conteúdo de fósforo nos dejetos seja menor que o de nitrogênio, a perda para a atmosfera da amônia excretada pelos animais resulta em contribuição relativamente similar entre os dois nutrientes. A tabela 5 mostra a emissão total de toda a atividade pecuária para cada bacia estudada.

A agricultura é outra importante fonte de nutrientes para as bacias estudadas, principalmente para a cultura do milho (Figura 11). Dentre as bacias, a que apresenta a maior contribuição por essa fonte é a do Boqueirão de Parelhas, contribuindo com 40% do N e 32% do P oriundos das fontes antrópicas (Figura 14). Paula et. al. (2010) encontraram que para o Rio das Contas, a agricultura é a principal atividade que contribui para o aporte de nutrientes.

Entre as fontes (antrópicas e naturais), observamos uma clara dominância das emissões antrópicas nas bacias avaliadas (Figura 12). As bacias do Sabugi e do Carnaúba foram as que apresentaram maior aporte natural (28% e 27%, respectivamente) em relação ao elemento N (aproximadamente 20%). As contribuições de P foram totalmente dominadas

pelas emissões antrópicas, com mais de 98% da carga total deste elemento sendo oriunda de fontes antrópicas. Para ambos os nutrientes, a atividade da pecuária foi o principal contribuinte antrópico para todas as bacias (Figura 14), principalmente a pecuária bovina (Figura 10). Para o N de origem antrópica, a principal fonte é a pecuária; efluentes e agricultura praticamente contribuem da mesma maneira. Figueiredo et al. (2007) em um estudo sobre a vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização no Ceará, elencou como principais vetores da vulnerabilidade dos reservatórios, entre outros, o lançamento de cargas provenientes do esgoto urbano e a criação de bois nas margens dos açudes. Assim, além da pecuária ser o principal contribuinte antrópico para a bacia, também permite que os nutrientes presentes em seus dejetos estejam mais prontamente disponível para os corpos d'água, já que esses animais tem livre acesso e tendem a se aglomerar próximos aos corpos d'água, como tem relatado Araújo (2011) e Silveira et al. (2011).

Desta maneira, podemos concluir que as bacias estudadas são de características rurais, em que as atividades agropastoris apresentam maior influência no ambiente. Estes dados mostram que, mesmo em bacias com baixo nível de urbanização, os aportes de N e P de origem antrópica (atividades agropastoris), são os principais responsáveis pelo acelerado processo de eutrofização.

Comparando com outros trabalhos realizados no Nordeste do Brasil (Tabela 8), apesar de algumas diferenças peculiares (tipos de solo, habitantes por bacias, dentre outros), a principal observação é que, igualmente para as bacias do Rio Seridó, o aporte de nutrientes de origem antrópica já supera aqueles de origem natural. Esta constatação foi observada para outras 17 bacias do Nordeste Brasileiro (Lacerda, 2006; Paula *et al.*, 2010). Diferentemente destas, as quais apresentam predominância das emissões agrícolas, seguida pela pecuária, as bacias do Rio Seridó são dominadas pelas emissões oriundas da pecuária, principalmente a pecuária bovina, desenvolvida na região de forma extensiva.

Tabela 8. Emissões ($t \cdot ano^{-1}$) de N e P oriundas de fontes antrópicas e naturais para diversas bacias do NE do Brasil.

Bacia ^{1,2}	Total Antrópico		Total Natural		Total	
	N	P	N	P	N	P
Rio das Contas (BA) ¹	1726	1554	516	19	2242	1573
Timonha (CE) ²	322	102	43	36	365	138
Acaraú (CE) ²	1305	1046	217	177	1522	1223
Coreaú (CE) ²	896	490	275	206	1171	696
Aracatiaçu (CE) ²	274	180	116	97	390	276
Aracatimirim (CE) ²	309	236	56	40	365	276
Curu (CE) ²	833	302	50	27	883	329
Mundaú (CE) ²	1362	969	176	122	1538	1091
Pirangi (CE) ²	556	529	110	27	666	556
Jaguaribe (CE) ²	443	301	143	47	586	348
Icapui (CE) ²	171	171	31	8	201	179
Apodi (RN) ²	939	1045	100	57	1039	1102
Açu (RN) ²	229	228	111	31	340	259
Guamaré (RN) ²	217	251	41	7	258	257
Ceará Mirim (RN) ²	89	53	20	3	109	56
Guaraíras (RN) ²	1387	735	35	12	1422	747
Curimataú (RN) ²	996	327	40	15	1036	342
Passagem das Traíras (RN) ³	1584	1166	371	14	1955	1180
Marechal Dutra (RN) ³	549	390	131	5	680	395
Boqueirão de Parelhas (RN) ³	270	190	41	3	311	192
Itans (RN) ³	257	202	75	3	331	205
Cruzeta (RN) ³	274	216	69	2	343	218
Sabugi (RN) ³	157	125	60	3	217	127
Carnaúba (RN) ³	62	55	22	1	84	56

¹ de Paula (2010) ² Lacerda (2006) ³ Este estudo

Com as informações obtidas para as bacias do Seridó através deste trabalho, podemos identificar que a pecuária constitui-se no principal vetor para o desencadeamento do processo de eutrofização. Com essas informações, os

gestores públicos podem melhorar as estratégias de gestão da bacia hidrográfica, os programas de controle e recuperação dos reservatórios, e melhor alocar as escassas verbas destinadas ao combate do problema da eutrofização.

É importante ressaltar, porém, que a atividade pecuária é bastante importante para a economia local da região, gerando renda através da comercialização de seus produtos como, carne de sol, queijos, doces, dentre outros. Assim, apesar da atividade parecer insustentável ambientalmente, contribuindo para a degradação dos corpos d'água e limitando seus usos por outras atividades devido a essa degradação, ela é altamente rentável economicamente, cabendo aos tomadores de decisões fazerem as análises cabíveis e encontrar a melhor solução para que todas as atividades possam se desenvolver na melhor forma possível. Uma possível solução, relatada por Araújo (2011), é restringir o acesso do gado aos corpos d'água, criando estruturas para a dessedentação dos animais, ou estabelecer critérios para agrupar os reservatórios em dois ou mais tipos; por exemplo, 'açude do gado' e o 'açude das pessoas'. No primeiro caso o gado teria acesso ao corpo d'água, porém suas águas estariam interditadas para uso humano, enquanto no segundo caso o gado não teria acesso ao corpo d'água, possibilitando o uso da água para fins mais nobres.

Analisando a Tabela 7, verificamos que os reservatórios apresentam altos níveis de N e P, o que têm contribuído para o processo de eutrofização dos mesmos. Realizando uma análise de regressão entre os valores de N e P encontrados nos açudes com aqueles gerados pelos fatores de emissão, verificamos que a relação entre eles é muito fraca, tanto para o N ($r^2=0,0345$) quanto para o P ($r^2=0,0152$). Porém, excluindo os valores de Passagem das Traíras (*outlier*), a relação para o P melhora ($r^2=0,7161$); para o N a relação piorou ($r^2=0,0003$). Excluindo outro *outlier* da análise (Carnaúba), a relação para ambos os elementos melhora bastante ($r^2=0,9767$ e $r^2=0,7469$, para P e N, respectivamente).

Apesar da bacia do Passagem das Traíras ter sido a bacia que apresentou maior carga de nutrientes através do uso de fatores de emissão e o reservatório desta bacia (Açude Passagem das Traíras) ter apresentado uma concentração de fósforo total e nitrogênio total abaixo de outros reservatórios, tal fato pode ser explicado por esse reservatório localizar-se mais a jusante de outros três reservatórios (Cruzeta, Marechal Dutra e Boqueirão de Parelhas) os quais acabam retendo parte desses nutrientes, impedindo que os mesmo alcancem o açude Passagem das Traíras. Tal fato foi reportado por Grossi (2009) em um estudo realizado no açude Castanhão, Ceará, no qual o açude foi responsável por reter até 98% das cargas. Lima Neto (2011) em um estudo realizado no semiárido reportou que os reservatórios a montante podem reter até 48% do sedimento, dependendo do seu volume. Considerando que os reservatórios a montante de Passagem das Traíras (Cruzeta, Marechal Dutra e Boqueirão de Parelhas) comportam-se retendo 100% das cargas, a análise de regressão entre os valores encontrados nos açudes e os gerados pelos fatores de emissão apresentou valor de $r^2=0,4228$ para o P. Isto mostra a influência que os reservatórios à montante exercem sobre os reservatórios à jusante, sendo importante uma delimitação mais adequada das áreas bacias hidrográficas quando se pretende utilizar fatores de emissão, já que essa variável (área) exerce bastante influencia sobre os resultados gerados. Além disso, os fatores de emissão utilizados em regiões onde existem vários barramentos a montante do reservatório de interesse, devem incluir a quantidade de barramentos e sua respectiva taxa de retenção média de cargas em seus cálculo.

De forma geral, o uso de fatores de emissão mostraram-se ser uma ferramenta útil na estimativa da carga potencial de N e P para bacias, principalmente, em regiões onde esses dados são inexistentes, como é o caso das bacias do Seridó do Rio Grande do Norte. Com exceção da Passagem das Traíras e Carnaúbas, os dados gerados pelos fatores de emissão mostraram boa relação com os dados medidos nos próprios açudes ($r^2=0,9767$ e $r^2=0,7469$, para P e N, respectivamente). Talvez, os fatores de emissão apresentem melhores resultados em determinada faixa de área de bacia,

superestimando ou subestimando seus valores em grandes e pequenas bacias, como é o caso da Passagem das Traíras (maior bacia) e Carnaúba (menor bacia).

Os valores obtidos no presente trabalho devem ser considerados como uma primeira aproximação nos cálculos de cargas de elementos para a bacia do Rio Seridó. Deverão ser, entretanto, atualizados pela adoção de fatores de emissão melhor ajustados à realidade regional e seu desenvolvimento e pela determinação no local dos dados referentes à deposição atmosférica e concentração de elementos nos diferentes tipos de solos presentes na bacia. Esta determinação *in situ* se faz necessária já que os dados disponíveis de nutrientes em solos da região semiárida nordestina são relativamente limitados quando comparados com aqueles disponíveis para a região úmida. Em geral, a maior intensidade nas pesquisas em fertilidade de solos é dirigida para áreas que possuem potencial de produção de culturas rentáveis e com possibilidade de corrigir deficiências pelo uso de corretivos e fertilizantes, situação diferente da condição de agricultura familiar de subsistência que predominam no semiárido nordestino (Salcedo, 2006). Entretanto, todos estes ajustes não irão modificar o panorama geral, principalmente da importância da atividade pecuária nas emissões de P e N para a bacia.

Este trabalho ressalta a importância de se realizar estudos à nível de bacia hidrográfica, tentando sempre resgatar a maior quantidade de informações sobre o ambiente natural e antrópico presentes em cada bacia, possibilitando uma visão integradora dos processos que acontecem em seu interior.

Vale salientar que a acurácia das estimativas geradas por fatores de emissão será diretamente proporcional a qualidade dos dados utilizados que compõem as equações dos fatores de emissão. Assim, levantamentos mais detalhados dos dados utilizados, além da constante avaliação dos valores utilizados nas equações resultará em estimativas mais próximas da realidade das cargas oriundas das bacias de drenagem.

Referências Bibliográficas

Abreu, I.M.; Lacerda, L.D. & Marins, R.V. 2003. Estimativa de emissões de Carbono, Fósforo e Nitrogênio para o Estuário do Rio Jaguaribe (CE). In: Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza, 4p.

Accioly, L. J. de O., et al, 2008. Biomassa nas florestas de caatinga nas microregiões do Seridó Oriental (RN) e Seridó Ocidental (PB). In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 17., 2008, Rio de Janeiro. Manejo e Conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais, Rio de Janeiro: SBCS.

Albuquerque, A.W.; Lombardi Neto, F.; Srinivasan, V.S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.25, n.1, p.121-128, 2001.

Albuquerque A.W.; Lombardi Neto, F.; Srinivasan, V.S.; Santos J.R Manejo da cobertura do solo sobre as sobre as perdas de solo e água de um Luvisol em Sumé-PB. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v. 6, p.136-141, 2002.

Araújo, J. C. de. 2011. Gestão de águas de pequenos açudes na região semiárida. In: Medeiros, S., et al. (ed.). *Recursos Hídricos em regiões Áridas e Semiáridas*. Instituto Nacional do Semiárido – Campina Grande, PB. Cap. 10, 308-324.

Baron, J. S., N. L. Poff, P. L. Angermeier, C. N. Dahm, P. H. Gleick, N. G. Hairston, R. B. Jackson, C. A. Johnston, B. D. Richter, and A. D. Steinman. 2003. Sustaining healthy freshwater systems. *Issues in Ecology* **10**:1–16.

Bouwman, A. F., & Booij, H. (1998). Global use and trade of feedstuff and consequences for the nitrogen cycle. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 52, 262–267.

Burns, D. A. 2004. The effects of atmospheric nitrogen deposition in the rocky mountains of Colorado and Southern Wyoming, USA – A critical review. *Environmental Pollution*, 127, 257-269.

Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N., Smith, V.H., 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8, 559 - 568.

Costa, I. A. S. ; Cunha, S. R. S.; Panosso R.; Araújo, M. F. F., Melo J. L. S.; Eskinazi E. M. S., 2009. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecol. Bras.*, 13 (2): 382-401

Figueiredo, Maria Cléa Brito de et al. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 12, n.4, dez. 2007.

Freitas, F.R.S. (2011). Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro. *Oecologia Australis*, **15(3)**: 655-665

Golley, F. B, et al., (1978). *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. São Paulo: EDUSP.

Grossi, C. A. (2009). Quantificação do efeito do açude Castanhão sobre o fluxo fluvial de material particulado em suspensão e nutrientes para o estuário do rio Jaguaribe, Ceará – Brasil. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Universidade Federal do Ceará.

Holanda A, J.S.; et al., (1995). Eficiência de extratores de fósforo para um solo adubado com fosfatos e cultivado com arroz. **Scientia Agricola**, v.51, n.3, p.561-568.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – *Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélites (CSR/IBAMA)*. Disponível em <http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.htm> Acessado em Maio 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo 2010*. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>

IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. *Perfil – Seu Município*. Disponível em http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economico_s/enviados/perfil_municipio.asp. Acessado em Maio 2011.

IICA – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. *Plano de Desenvolvimento Sustentável do Seridó*. Volume 1. Diagnóstico. Disponível em <http://www.iica.org.br/Docs/Publicacoes/PublicacoesIICA/PlanoDesenvolvimentoSustentavelSerid%C3%B3-Volumel.pdf> Acessado em Maio 2011.

Lacerda, L.D., Maia, L.P., & Vaisman, A.G., 2004. Emissões de Nutrientes e Metais Pesados de Fontes Antrópicas e Naturais. Capacidade de Suporte e Vulnerabilidade Ambiental das Bacias Inferiores dos rios do estado do Rio Grande do Norte. Instituto de Ciências do Mar. Universidade Federal do Ceará

Lacerda, L.D., 2006 Inputs of Nitrogen and Phosphorus to Estuaries of Northeastern Brazil from Intensive Shrimp Farming. *Brazilian Journal of Aquatic Sciences & Technology* 10(2): 13-27.

Lacerda, L. D.; Molisani, M. M.; Sena, D. & Maia, L. P. , 2008 Estimating the importance of natural and anthropogenic sources on N and P emission to estuaries along the Ceará State Coast NE Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 141, p. 149-164.

Lima Neto, I. E., Wiegand, M. C. & de Araújo, J. C. (2011) Sediment redistribution due to a dense reservoir network in a large semi-arid Brazilian basin. *Hydrol. Sci. J.* **56(2)**, 319–333

Malavolta, E. & Dantas, J.P. 1980. Nutrição e adubação do milho. In: Paterniani, E. (ed.). *Melhoramento e Produção do Milho no Brasil*. 2º ed., Fundação Cargill, São Paulo. 429-479 pp.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 1 nov. 2010.

Mesquita, T.P.N., 2009. Eutrofização e capacidade de carga de fósforo de seis reservatórios da bacia do rio Seridó, região semi-árida do Estado do RN. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática). Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

NRC (National Research Council) (1993). *Soil and water quality: An agenda for agriculture*. Washington, DC: National Academy Press.

NRC (National Research Council) (2003). *Clean coastal waters: Understanding and reducing the effects of nutrient pollution*. Washington, DC: National Academy Press.

Panosso, R.; Costa, I.A.S.; Souza, N. R. de; Attayde, J. L.; Cunha, S. R. DE S.; Gomes, F. C. F. (2007). Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do Estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Oecol. Bras.* **11(3)**:433-449.

Paula, Francisco C. F. de et al. Emissões naturais e antrópicas de metais e nutrientes para a bacia inferior do rio de contas, Bahia. *Quím. Nova.* 2010, vol.33, n.1, pp. 70-75.

Raij, B. van. et al., (1984). Comparação de quatro extratores de solos. *Bragantia*, v.43, p.17-29.

Salcedo, I. H., 2006. Biogeoquímica do fósforo em solos da região semi-árida do NE do Brasil. *Revista Geografia (Recife)*, vol. 23, n.3, pp. 159-184.

Sharpley, A.N.; Chapra, S.C.; Wedepohl, R.; Sims, J.T; Daniel, T.C.; Reddy, K.R, 1994. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: issues and options. *Journal of Environmental Quality* **23**: 437-451.

SEMARH – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. *Relatório final de levantamento batimétrico nos açudes Boqueirão de Parelhas, Caldeirão de Parelhas, e Cruzeta*. Ampla Engenharia. RET.07-TPB-197-2009-VER.0 Dezembro/2009

SEMARH – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. *Sistemas de Informações*. Disponível em <http://www.semarh.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/semarh/principal/envia-dos/index.asp>. Acessado em Outubro 2011.

Silva, L.F. 1996. *Solos Tropicais: Aspectos Pedológicos, Ecológicos e de Manejo*. Terra Brasilis Editora, São Paulo, 137p.

Silva, da, et al., 2002. Caracterização dos recursos naturais de uma área piloto do núcleo de desertificação do Seridó, Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002, 52p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.4)

Silveira, M. L. et al., 2011. The cow-calf industry and water quality in South Florida, USA: a review. *Nutr Cycl Agroecosyst*, **89**: 439-452.

Valadão, C. E. A. et al. Classificação climática da Microrregião do Seridó/RN. Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas. Natal. Disponível em: <www.cbmet2010.com/anais/artigos/584_23902.pdf > Acesso em 20 Mai. 2011.

ANEXO 1 – Bacia, Unidade da Federação, Município, área do município (km²), área do município (km²) na bacia, sedes municipais.

Bacia	UF	Município	km²	km² (bacia)	Sede Municipal	
Carnaúba	RN	Caicó	1229,00	53,09		
		São João do Sabugi	277,00	46,41		
		Ouro Branco	253,00	0,83		
	PB	Ipueira	127,00	10,07		
		Várzea	190,00	155,46	Várzea	
		São Mamede	531,00	3,66		
		Santa Luzia	456,00	50,33		
TOTAL			319,87			
Boqueirão de Parelhas	RN	Equador	265,00	161,57		
		Parelhas	513,00	270,56		
		Carnaúba dos Dantas	246,00	1,94		
	PB	Barra de Santa Rosa	825,00	2,33		
		Cubati	137,00	135,45	Cubati	
		Juazeirinho	468,00	75,41		
		Junco do Seridó	170,00	1,05		
		Nova Palmeira	310,00	203,33	Nova Palmeira	
		Olivedos	318,00	1,44		
		Pedra Lavrada	352,00	323,74	Pedra Lavrada	
		Picuí	666,00	0,85		
		Seridó	276,00	225,00	Seridó	
		Sossêgo	155,00	7,77		
		Tenório	105,00	29,26		
		TOTAL			1439,73	
		Cruzeta	RN	Caicó	1229,00	2,36
Jucurutu	934,00			0,02		
Florânia	504,00			383,37	Florânia	
Cruzeta	296,00			171,55	Cruzeta	
Santana do Matos	1420,00			2,37		
Tenente	74,00			73,74	Tenente	

		Laurentino Cruz			Laurentino Cruz
		Acari	609,00	170,86	
		São Vicente	198,00	196,13	São Vicente
		Lagoa Nova	176,00	2,2	
		Currais Novos	864,00	2,78	
		TOTAL		1005,38	
Itans	RN	Caicó	1229,00	80,9	
		Jardim do Seridó	369,00	240,58	
		Ouro Branco	253,00	138,32	Ouro Branco
		Santana do Seridó	188,00	108,15	
		Equador	265,00	0,54	
	PB	Várzea	190,00	20,68	
		São José do Sabugi	207,00	151,45	São José do Sabugi
		Santa Luzia	456,00	366,62	Santa Luzia
		Junco do Seridó	170,00	72,41	
		São Mamede	531,00	1,21	
		Salgadinho	184,00	1,04	
		Areia de Baraunas	96,00	0,19	
		TOTAL		1182,1	
Marechal Dutra	RN	Acari	609,00	162,74	
		São Vicente	198,00	0,69	
		Carnaúba dos Dantas	246,00	3,51	
		Lagoa Nova	176,00	101,36	Lagoa Nova
		Currais Novos	864,00	844,08	Currais Novos
		Cerro Corá	394,00	35,55	
		Jaçanã	55,00	0,75	
		Coronel Ezequiel	186,00	1,66	
		São Tomé	863,00	0,09	
		Campo Redondo	214,00	2,02	
	PB	Baraúna	51,00	11,33	
		Frei	244,00	242,67	Frei

		Martinho			Martinho
		Nova			
		Palmeira	310,00	104,69	
		Pedra			
		Lavrada	352,00	5,59	
		Picuí	666,00	608,39	Picuí
		TOTAL		2125,11	
Passagem das Traíras	RN	Caicó	1229,00	11,99	
		Jucurutu	934,00	0,07	
		São José do Seridó	175,00	167,888	São José do Seridó
		Jardim do Seridó	369,00	226,818	Jardim do Seridó
		Santana do Seridó	188,00	80,418	Santana do Seridó
		Equador	265,00	262,778	Equador
		Parelhas	513,00	513,478	Parelhas
		Carnaúba dos Dantas	246,00	246,038	Carnaúba dos Dantas
		Acari	609,00	609,048	Acari
		Currais Novos	864,00	846,818	Currais Novos
		Jaçanã	55,00	0,71	
		Coronel Ezequiel	186,00	1,64	
		Campo Redondo	214,00	1,97	
		São Tomé	863,00	0,06	
		Cerro Corá	394,00	35,528	
	Lagoa Nova	176,00	103,548	Lagoa Nova	
	Santana do Matos	1420,00	2,44		
	Florânia	504,00	383,468	Florânia	
	Tenente Laurentino			Tenente Laurentino	
	Cruz	74,00	73,798	Cruz	
	São Vicente	198,00	196,798	São Vicente	
	Cruzeta	296,00	294,518	Cruzeta	
	PB	Baraúna	51,00	11,308	
		Barra de Santa Rosa	825,00	2,31	
		Cubati	137,00	135,438	Cubati
		Frei			Frei
		Martinho	244,00	244,588	Martinho
		Juazeirinho	468,00	75,398	
		Junco do	170,00	7,068	

		Seridó			
		Nova			Nova
		Palmeira	310,00	308,768	Palmeira
		Olivedos	318,00	1,42	
		Pedra			Pedra
		Lavrada	352,00	329,228	Lavrada
		Picuí	666,00	614,168	Picuí
		Santa Luzia	456,00	2,44	
		São José			
		do Sabugi	207,00	55,108	
		Seridó	276,00	224,988	Seridó
		Sossêgo	155,00	7,758	
		Tenório	105,00	29,218	
		TOTAL		6109,03	
Sabugi	RN	Serra			
		Negra do			
		Norte	562,00	3,37	
		São João			São João
		do Sabugi	277,00	138,30	do Sabugi
		Ipueira	127,00	93,16	Ipueira
		São José			
	PB	de			
		Espinharas	726,00	21,44	
		Várzea	190,00	3,78	
		São			São
		Mamede	531,00	524,55	Mamede
		Patos	513,00	1,50	
		Santa Luzia	456,00	23,12	
		Quixabá	117,00	10,89	
		Areia de			
		Baraúnas	96,00	0,65	
		TOTAL		820,72	

ANEXO 2 – Bacias, áreas de cada tipo de solo, a massa de solo perdida por ano, carga de N e P que contribui para os reservatórios de cada bacia.

	km ²	kg.ano	N	P	Deposição Atmosférica		Total		Exportado	
					N	P	N	P	N 35%	P 30%
Boqueirão de Parelhas										
Neossolos Litólicos	970,44	9704400	5,8	0,1						
Luvissolos	228,69	2286900	1,4	0,0						
Neossolos Regolíticos	227,30	2273000	1,4	0,0						
Latossolo	0,57	5700	0,0	0,0						
			8,6	0,1	40,8	3,6	49,4	3,7	17,3	1,1
Carnaúba										
	km ²									
Luvissolos	162,47	24370500	14,6	0,2						
Neossolos Litólicos	139,60	20940000	12,6	0,2						
Neossolos Flúvicos	14,03	2104500	1,9	0,1						
			29,1	0,4	13,1	1,2	42,2	1,6	14,8	0,5
Cruzeta										
Luvissolos	628,03	123093880	73,9	0,9						
Neossolos Litólicos	282,70	55409200	33,2	0,4						
Latossolo	73,41	14388360	8,6	0,1						
Podzólico	0,30	58800	0,0	0,0						
			115,8	1,4	30,1	2,7	145,9	4,1	51,0	1,2
Itans										
Neossolos Litólicos	578,40	86760000	52,1	0,6						
Luvissolos	528,21	79231500	47,5	0,6						
Neossolos Regolíticos	31,58	4737000	2,8	0,0						
Neossolos Flúvicos	9,13	1369500	1,2	0,0						
Latossolo	5,70	855000	0,5	0,0						
Podzólico	0,60	90000	0,1	0,0						

			104,2	1,3	41,0	3,6	145,2	5,0	50,8	1,5
Gargalheiras										
Neossolos Litólicos	1784,44	267666000	160,6	2,0						
Neossolos Regolíticos	123,12	18468000	11,1	0,1						
Latossolo	188,21	28231500	16,9	0,2						
Luvissolos	48,60	7290000	4,4	0,1						
Neossolos Flúvicos	5,65	847500	0,8	0,0						
Podzólico	1,71	256500	0,2	0,0						
			193,9	2,4	66,9	6,0	260,9	8,4	91,3	2,5
Passagem das Traíras										
Neossolos Litólicos	3635,67	545350500	327,2	4,0						
Luvissolos	1801,85	270277500	162,2	2,0						
Neossolos Regolíticos	353,04	52956000	31,8	0,4						
Latossolo	208,00	31200000	18,7	0,2						
Podzólico	47,13	7069500	4,2	0,1						
Neossolos Flúvicos	5,65	847500	0,8	0,0						
			544,9	6,8	192,4	17,1	737,3	23,9	258,1	7,2
Sabugi										
Neossolos Litólicos	391,96	58794000	35,3	0,4						
Luvissolos	346,91	52036500	31,2	0,4						
Neossolos Flúvicos	61,85	9277500	8,3	0,3						
			74,8	1,1	36,2	3,2	111,0	4,3	38,9	1,3

ANEXO 3 – Bacias e populações estimadas de bovinos, equinos, caprinos, suínos e aves.

Bacia	Bovinos	Equinos	Caprinos	Suínos	Aves
Passagem das Traíras	108688	2488	27482	9909	282902
Marechal Dutra	31369	900	8878	3415	129465
Boqueirão de Parelhas	14748	387	6655	1735	31570
Itans	21948	596	7922	1644	35078
Cruzeta	22452	410	2167	1932	46181
Sabugi	13748	496	7027	457	17268
Carnaúba	6593	129	2052	390	8073

ANEXO 4 – Bacias, quantidade de animais por rebanho e cargas de N (t.ano⁻¹) e P (t.ano⁻¹) geradas. Valores corrigidos com a percentagem que é exportada para os corpos d'água

Passagem das Traíras	Cabeças	N (t.ano ⁻¹)		P (t.ano ⁻¹)	
		25%	35%	35%	60%
Bovinos	108688	476,05	833,09	485,97	833,09
Equinos	2488	10,9	19,07	11,12	19,07
Caprinos	27482	10,03	17,55	17,55	30,09
Suínos	9909	9,04	15,82	9,49	16,28
Aves	282902	44,61	78,06	84,57	144,98

Gargalheiras	Cabeças	N (t.ano ⁻¹)		P (t.ano ⁻¹)	
		25%	35%	35%	60%
Bovinos	31369	137,4	240,44	140,26	240,44
Equinos	900	3,94	6,9	4,02	6,9
Caprinos	8878	3,24	5,67	5,67	9,72
Suínos	3415	3,12	5,45	3,27	5,61
Aves	129465	20,41	35,72	38,7	66,35

Boqueirão de Parelhas	Cabeças	N (t.ano ⁻¹)		P (t.ano ⁻¹)	
		25%	35%	35%	60%
Bovinos	14748	64,59	113,04	65,94	113,04
Equinos	387	1,69	2,97	1,73	2,97
Caprinos	6655	2,43	4,25	4,25	7,29
Suínos	1735	1,58	2,77	1,66	2,85

Aves	31570	4,98	8,71	9,44	16,18
------	-------	------	------	------	-------

Itans	Cabeças	N (t.ano ⁻¹)		P (t.ano ⁻¹)	
		25%	35%	35%	60%

Bovinos	21948	96,13	168,23	98,14	168,23
---------	-------	-------	--------	-------	--------

Equinos	596	2,61	4,57	2,67	4,57
---------	-----	------	------	------	------

Caprinos	7922	2,89	5,06	5,06	8,67
----------	------	------	------	------	------

Suínos	1644	1,5	2,62	1,57	2,7
--------	------	-----	------	------	-----

Aves	35078	5,53	9,68	10,49	17,98
------	-------	------	------	-------	-------

Cruzeta	Cabeças	N (t.ano ⁻¹)		P (t.ano ⁻¹)	
		25%	35%	35%	60%

Bovinos	22452	98,34	172,09	100,39	172,09
---------	-------	-------	--------	--------	--------

Equinos	410	1,79	3,14	1,83	3,14
---------	-----	------	------	------	------

Caprinos	2167	0,79	1,38	1,38	2,37
----------	------	------	------	------	------

Suínos	1932	1,76	3,08	1,85	3,17
--------	------	------	------	------	------

Aves	46181	7,28	12,74	13,81	23,67
------	-------	------	-------	-------	-------

Sabugi	Cabeças	N (t.ano ⁻¹)		P (t.ano ⁻¹)	
		25%	35%	35%	60%

Bovinos	13748	60,21	105,37	61,47	105,37
---------	-------	-------	--------	-------	--------

Equinos	496	2,17	3,8	2,22	3,8
---------	-----	------	-----	------	-----

Caprinos	7027	2,56	4,49	4,49	7,69
----------	------	------	------	------	------

Suínos	457	0,42	0,73	0,44	0,75
--------	-----	------	------	------	------

Aves	17268	2,72	4,76	5,16	8,85
<hr/>					
Carnaúba	Cabeças	N (t.ano ⁻¹)		P (t.ano ⁻¹)	
		25%	35%	35%	60%
<hr/>					
Bovinos	6593	28,88	50,53	29,48	50,53
Equinos	129	0,56	0,99	0,57	0,99
Caprinos	2052	0,75	1,31	1,31	2,25
Suínos	390	0,36	0,62	0,37	0,64
Aves	8073	1,27	2,23	2,41	4,14

ANEXO 5 – Bacias, área (ha) de cada cultivar e cargas de N e P oriundas da atividade agrícola. Valores corrigidos pela percentagem de perda de fertilizantes.

Bacia	Banana (ha)	N t.ano ⁻¹ 16%		P t.ano ⁻¹ 6%	
Passagem das Traíras	60,77	0,21		0,04	
Marechal Dutra - Gargalheiras	8,78	0,03		0,01	
Boqueirão de Parelhas	10,42	0,04		0,01	
Itans	11,29	0,04		0,01	
Açude Público de Cruzeta	19,12	0,07		0,01	
Sabugi	21,20	0,07		0,02	
Carnaúba	15,85	0,06		0,01	

Bacia	Laranja (ha)	N t.ano ⁻¹ 16% 25%		P t.ano ⁻¹ 0,7% 1,4%	
Passagem das Traíras	14,35	0,34	0,54	0,00	0,01
Marechal Dutra - Gargalheiras	9,73	0,23	0,36	0,00	0,01
Boqueirão de Parelhas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Itans	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Açude Público de Cruzeta	1,65	0,04	0,06	0,00	0,00
Sabugi	7,84	0,19	0,29	0,00	0,00
Carnaúba	0,15	0,00	0,01	0,00	0,00

Bacia	Cana	N t.ano ⁻¹	P t.ano ⁻¹
-------	------	-----------------------	-----------------------

	(ha)	26%	32%	6%	20%
Passagem das Traíras	22,50	1,07	1,31	0,04	0,13
Marechal Dutra – Gargalheiras	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Boqueirão de Parelhas	1,19	0,06	0,07	0,00	0,01
Itans	12,49	0,59	0,73	0,02	0,07
Açude Público de Cruzeta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sabugi	0,47	0,02	0,03	0,00	0,00
Carnaúba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Bacia	Feijão	N t.ano ⁻¹		P t.ano ⁻¹	
	(ha)	16%	25%	0,7%	1,4%
Passagem das Traíras	254777,3	40,76	63,69	10,70	21,40
Marechal Dutra – Gargalheiras	8784,45	14,06	21,96	3,69	7,38
Boqueirão de Parelhas	7593,79	12,15	18,98	3,19	6,38
Itans	3080,96	4,93	7,70	1,29	2,59
Açude Público de Cruzeta	3672,03	5,88	9,18	1,54	3,08
Sabugi	1772,65	2,84	4,43	0,74	1,49
Carnaúba	686,32	1,10	1,72	0,29	0,58

Bacia	Mandioca	N t.ano ⁻¹	
	(ha)	25%	20%
Passagem das Traíras	2100,48	10,50	15,75
Marechal Dutra - Gargalheiras	1025,62	5,13	7,69
Boqueirão de Parelhas	154,98	0,77	1,16

Itans	15,83	0,08	0,12
Açude Público de Cruzeta	878,04	4,39	6,59
Sabugi	0,01	0,00	0,00
Carnaúba	0,37	0,00	0,00

Bacia	Milho (ha)	N t.ano ⁻¹		P t.ano ⁻¹	
		26%	32%	6%	20%
Passagem das Traíras	24208	251,76	309,86	79,89	266,29
Marechal Dutra - Gargalheiras	8649,87	89,96	110,72	28,54	95,15
Boqueirão de Parelhas	7458,26	77,57	95,47	24,61	82,04
Itans	3134,67	32,60	40,12	10,34	34,48
Açude Público de Cruzeta	3498,52	36,38	44,78	11,55	38,48
Sabugi	1711,98	17,80	21,91	5,65	18,83
Carnaúba	819,28	8,52	10,49	2,70	9,01