



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
Núcleo de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE



**MONITORAMENTO E MODELAGEM HIDROLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SIRIRI VIVO**

Autor: CRISTYANO AYRES MACHADO

Orientador: INAJÁ FRANCISCO DE SOUZA

Co-orientador: ANTENOR DE OLIVEIRA AGUIAR NETTO

Março – 2013
São Cristóvão – Sergipe
Brasil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE



**MONITORAMENTO E MODELAGEM HIDROLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO SIRIRI VIVO**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos exigidos para a titulação de mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Autor: CRISTYANO AYRES MACHADO

Orientador: INAJÁ FRANCISCO DE SOUZA

Co-orientador: ANTENOR DE OLIVEIRA AGUIAR NETTO

Março - 2013
São Cristóvão – Sergipe
Brasil

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

M149m Machado, Cristyano Ayres
Monitoramento e modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Siriri Vivo / Cristyano Ayres Machado ; orientador Inajá Francisco de Souza. – São Cristóvão, 2013.
101 f. : il.

Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente)
– Universidade Federal de Sergipe, 2013.

1. Recursos hídricos. 2. Bacias hidrográficas. 3. Monitorização ambiental. 4. Siriri Vivo, Rio, Bacia. 5. Sergipe (SE). I. Souza, Inajá Francisco de, orient. II. Título.

CDU: 556.18(813.7)

**MONITORAMENTO E MODELAGEM HIDROLÓGICA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SIRIRI VIVO**

CRISTYANO AYRES MACHADO

Prof. Dr. Inajá Francisco de Souza
Professor do Departamento de Engenharia Agronômica e da pós-graduação em
meio ambiente e Desenvolvimento Prodema – UFS
(ORIENTADOR)

Prof. Dr. Antenor de Oliveira Aguiar Netto
Professor do Departamento de Engenharia Agronômica e da pós-graduação em
meio ambiente e Desenvolvimento Prodema – UFS
(CO-ORIENTADOR)

Prof. Dr. Gregório Guirado Faccioli
Professor do Departamento de Engenharia Agronômica e da pós-graduação em
meio ambiente e Desenvolvimento Prodema – UFS
(Examinador Interno)

Prof Dr. Marcos Cabral de Vasconcelos Barretto
(Examinador Externo)

Este exemplar corresponde à versão final da Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Prof.Dr. Inajá Francisco de Souza - Orientador
Universidade Federal de Sergipe

É concedida ao Núcleo responsável pelo Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe permissão para disponibilizar, reproduzir cópias desta dissertação e emprestar.

Cristyano Ayres Machado– Autora
Universidade Federal de Sergipe

Prof.Dr. Inajá Francisco de Souza - Orientador
Universidade Federal de Sergipe

AGRADECIMENTOS

A Deus ,por tudo que tem me proporcionado até este momento.

À minha família, Suely pelo constante apoio, a meu filhinho Yitzhak por existir. A minha avó. Para minha mãe Ana Ayres (Z''L)cuja saudades são incentivo a novas vitórias.

Ao meu orientador professor Dr. Antenor, que encontrei além de tudo não um orientador mas um pai em todos os momentos e um exemplo profissional. Sempre generoso e presente. Obrigado professor o que fazemos em nossa vidas ecoam pela eternidade.

Ao Prof. Inajá, que sua tranquilidade paterna são exemplos de domínio e fonte do conhecimento. Ao Prof. Tadeu pelo incentivo e amizade. Prof. Gregório pelos questionamentos e sugestões. Ao irmão Robério, pelo incentivo nessa jornada.

A nossa futura doutora pelo Prodema Marinoé, que sem dúvida alguma sua contribuição foi decisiva para conclusão desse desafio. Sem seu apoio não teria conseguido, não mesmo!

Aos meus amigos que encontrei neste mestrado, colegas de trabalho, pelo apoio, incentivo nesta caminhada. Em especial ao Grupo Acqua

Epígrafe

Porque a terra que embebe a chuva, que muitas vezes cai sobre ela, e produz erva proveitosa para aqueles por quem é lavrada, recebe a bênção de Deus. Hebreus 6:7

Dá-me uma bênção; pois me deste terra seca, dá-me também fontes de águas. Então lhe deu as fontes superiores e as fontes inferiores. Josué 15:1

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Siriri, no Brasil e em Sergipe.	56
FIGURA 2	Localização das estações de coleta de água	59
FIGURA 3	Variação sazonal de pH	63
FIGURA 4	Variação sazonal para a condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD) e cor	66
FIGURA 5	Concentrações de oxigênio dissolvido	68
FIGURA 6	Variação sazonal para o nitrato e nitrito	70
FIGURA 7	Variação sazonal para o nitrogênio	71
FIGURA 8	Variação sazonal para o clorofila-a	72
FIGURA 9	Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Siriri, no Brasil e em Sergipe.	81
FIGURA 10	Municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Siriri	83
FIGURA 11	Representação esquemática do ciclo hidrológico	85
FIGURA 12	Subbacias delineadas para a bacia hidrográfica do rio Siriri	91
FIGURA 13	Produção média de água na bacia hidrográfica do rio Siriri referente ao período de 2000 a 2013.	93
FIGURA 14	Usos do solo na bacia hidrográfica do rio Siriri	93
FIGURA 15	Classes de declividade para a bacia hidrográfica do rio Siriri	94

LISTA DE TABELAS

		Pág.
TABELA 1	Usos do solo na Bacia hidrográfica do rio Siriri	57
TABELA 2	Datas das campanhas para monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Siriri	58
TABELA 3	Descrição das estações de amostragem da água	59
TABELA 4	Variáveis, métodos e referências utilizadas para a caracterização da qualidade da água	60
TABELA 5	Descritores estatísticos para as variáveis de qualidade da água	61
TABELA 6	Matriz de correlação dos parâmetros de qualidade da água período de fevereiro de 2010 a novembro de 2011	62
TABELA 7	Descritores estatísticos sazonais para as variáveis de qualidade da água	65
TABELA 8	Usos do solo na bacia hidrográfica do rio Siriri	82
TABELA 9	Elementos Climáticos obtidos da estação agrometeorológica de Japaratuba/SE.	90
TABELA 10	Usos do solo da bacia hidrográfica do rio Poxim após a definição das HRUs	92
TABELA 11	Solos da bacia hidrográfica do rio Poxim após a definição das HRUs	92
TABELA 12	Declividades da bacia hidrográfica do rio Poxim após a definição das HRUs	92

LISTA DE NOMENCLATURA

ONU – União das Nações Unidas

CF – Constituição Federal

SRH/MMA - Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente

ANA - Agência Nacional de Águas

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CFCs - clorofluorcarbonos

ISO - International Organization for Standardization

PIF - Sistema de Produção Integrada de Frutas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PIB - Produto Interno Bruto

CDL - Câmara de Dirigentes Lojistas

PH - Potencial Hidrogeniônico

SWAT - Soil and Water Assesment Tools

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS
EPIGRAFE

LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABELAS
NOMENCLATURAS

CAPÍTULO 1	11
1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. REVISÃO GERAL	16
2.1 Bacias Hidrográficas	16
2.2 Legislação	18
2.3 Gestão de Bacias Hidrográficas	20
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO 2 Qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Siriri	49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
1 INTRODUÇÃO	51
2 MATERIAL E MÉTODOS	54
2.1. Área de estudo	54
2.2. Monitoramento da Qualidade da água	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
4 CONCLUSÃO	72
5 REFERÊNCIAS	73
CAPÍTULO 3 Produção de água na bacia hidrográfica do rio Siriri-SE.	75
RESUMO	76
ABSTRACT	77
1 INTRODUÇÃO	78
2 MATERIAL E MÉTODOS	80
2.1. Área de estudo	80
3 O MODELO SWAT	84
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	91
5 CONCLUSÃO	95
REFERÊNCIAS	96
CAPÍTULO 4 Conclusão Geral	99
CAPÍTULO 5 Sugestões	101

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

Durante muito tempo, a ideia difundida era de que a natureza teria um estoque ilimitado de recursos à disposição do ser humano, podendo o homem utilizar tais recursos de forma ilimitada e sem preocupação com sua reposição, origem e gestão. Com o tempo essa ideia começa a mostrar sua fragilidade diante da ação humana. Desta forma a preocupação com a conservação dos recursos naturais vem tomando grande dimensão nas discussões dos governos de diferentes países, mostrando ser necessário ter uma política de gestão dos recursos naturais. Lembrando que para um total objetivo esperado a gestão e suas ações para efetivação desse gerenciamento devem ser feito de forma articulada, interdisciplinar e permanente.

Nas décadas de 1960 e 1970, a grande preocupação mundial quando se referia recursos naturais era principalmente a temática das fontes energia, que eram reconhecidas como finitas esgotáveis e principalmente comprometidas. Do mesmo modo, os olhos da humanidade se voltaram para o petróleo, insumo importantíssimo no desenvolvimento e crescimento econômico com o passar dos tempos, houve interesse pelos recursos hídricos.

A situação de poluição hídrica tem-se agravado no País, considerando-se o aumento das cargas poluidoras urbana e industrial, uso inadequado do solo, erosão, desmatamento, uso inadequado de insumos agrícolas e mineração. Estes fatores, associados à distribuição anual de chuvas e às características climáticas, levam a danos ambientais dos recursos hídricos, dentre os quais se destacam o aumento do transporte de sedimento e a contaminação orgânica e química das águas.

Os impactos ambientais decorrentes da poluição de águas fluviais que são provocadas pelos estabelecimentos de indústria, geram resíduos e com isso provocam danos ao meio ambiente. A agricultura, em termos mundiais é responsável por cerca de 70% desse consumo, ocorrendo em certas situações, um

consumo bem maior em algumas regiões do globo, como América do Sul, Ásia central e África.

É comum em países não desenvolvidos, por não haver uma infraestrutura adequada, comprometem ainda mais o uso da água, causando altos índices de desperdícios oriundos por vários fatores, dentre outros a má gestão das bacias hidrográficas, desta forma, potencializando ainda mais problemas oriundos por falta de oferta de água própria para o consumo de seres humanos, com isso temos desdobramentos dessas situações que refletem em vários setores, como meio ambiente, saúde, economia e alimentação, pois todos esses setores dependem dos recursos hídricos para uma harmonia na sua existência e manutenção, independente de que país esteja inserido. Com pressões antrópicas fortes, principalmente poluição de toda a sorte, desmatamentos constantes a oferta hídrica é cada vez menor.

O consumo humano e a dessedentação de animais devem ser priorizados, buscando atender uma multiplicidade de usos e assegurando a atual e as futuras gerações da necessidade de disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequada aos seus respectivos usos.

Com o irreversível crescimento econômico, modificações no cotidiano da população, algo simples, como pequenos gestos de higiene, esgotamento sanitário, uma alimentação mais variada e de qualidade crescente tendem a gerar um consumo maior de energia e implica em aumentar o custo de água consumida para suprir o crescimento econômico.

Porém, crescimento econômico junto com desenvolvimento social, qualidade de vida e um meio ambiente equilibrado não é uma regra de fato, quando o lucro é visto como único e a prioridade é executá-lo os demais fatores ou são coadjuvantes ou ignorados no processo de implantação. Um problema grave nesse contexto seria o gerenciamento dos recursos hídricos, que quando não é feito de maneira correta, sem obedecer a critérios técnicos, provoca um acentuado desperdício dessa matéria prima, que ao invés de ser uma ferramenta de gestão, acaba danificando e comprometendo a oferta de recursos hídricos. A globalização tem demonstrado por meio do desinteresse em preservação ambiental dos países desenvolvidos, colocando os recursos naturais como algo secundário, não importando as

consequências na sua gestão e uso. Uma vez que o Brasil é um país em desenvolvimento, ele tem que melhorar em muito o processo de gestão dos recursos hídricos, principalmente na qualidade da água na zona rural, que é bem inferior se comparada aos centros urbanos, e isto influencia diretamente na agricultura, saúde e economia nos componentes desse setor, que vem passando por grande expansão nos últimos anos, principalmente visando exportações.

Por meio da educação, podemos modificar o atual cenário tão negativo para os recursos hídricos, a atual situação econômica mundial mostra que os modelos impostos pelos países desenvolvidos que influenciam nas nossas ações pedagógicas estão falidos, defasados e fora do contexto local. Voltada à realidade e responsabilidade de modificar o presente e o comprometimento com as gerações futuras, incentivando uma racionalidade no consumo, podemos preservar esse recurso ímpar que é a água. E uma educação ligada à gestão dos recursos hídricos tem um papel importante na promoção do desenvolvimento sustentável.

A gestão dos recursos hídricos é uma ferramenta muito importante na manutenção desse recurso não apenas na qualidade, mas também em sua disponibilidade. Não adianta ter água de boa qualidade sem uma boa oferta desse recurso natural, como também pouco faz sentido ofertar enormes quantidades de água com pouca ou nenhuma qualidade, pois todos esses casos irão gerar complicações a médio e longo prazo.

Devemos entender que uma gestão correta dos recursos hídricos, assegura a oferta de água, que por sua vez integra uma equação que agrega qualidade e quantidade de acordo com as demandas das várias categorias de consumidores e é este o diferencial na questão da estratégia da administração desse precioso líquido.

As bacias hidrográficas quando são consideradas em seu todo, ou seja, como um sistema ambiental, pode-se entender que a relação entre os diversos componentes naturais e socioeconômicos que se manifestam na bacia hidrográfica, interagem de forma complexa, e isto reflete em sua estrutura e funcionamento, bem como em sua dinâmica e evolução, também no âmbito espacial e territorial.

Portanto a bacia hidrográfica pode ser vista como fator interdisciplinar, pois na sua área de drenagem a intensa interação dos fatores abióticos e bióticos geram consequências a toda população que se encontra dependente daquele corpo

d'água, bem como o meio ambiente que estão inseridos. Por isso, de acordo com Araújo (2010) são indispensáveis às pesquisas que analisam as bacias hidrográficas como unidades de estudo, que ofereçam subsídios ao planejamento de ações que tenham por base a promoção do desenvolvimento regional sustentável, através de estudos que busquem informações da realidade nos mais diversos aspectos, quer seja através de dados de fatores químico, físico, biológico etc.

O levantamento de dados é muito importante quando se pensado o planejamento, e gestão dos espaços urbanos, sabendo-se que, a situação real que o meio ambiente, e como seus componentes se apresentam, existe a melhor possibilidade de um gerenciamento mais adequado à realidade ambiental, buscando uma melhor forma de gerenciamento e planejamento dessas áreas. Tais estudos podem ser vistos como meios de orientar quanto à adoção de medidas adequadas, e sustentáveis dos corpos d'água.

Conhecer uma bacia hidrográfica em seus vários aspectos (climáticos, geomorfológicos, biológicos e hídrico), contribui para o detalhamento de suas características, porém, as interações humanas realizadas neste ambiente permitem a tipificação de degradações ambientais nos espaços ocupados pelo homem. Os fatores sociais, culturais e econômicos devem ser observados por considerar que há interações das atividades humanas com o meio ambiente. As ações antrópicas são o produto dessa relação que pode ser harmoniosa ou deletéria, e para a verificação dessas possibilidades, demanda o conhecimento do comportamento dos indivíduos desenvolvido no espaço. As pressões antrópicas podem ser verificadas por meio de informações sobre o uso da terra, demografia, condição de vida, infra estrutura e serviços na região que se pretende avaliar.

Caracterizando agora o lócus desta pesquisa, Sergipe tem uma densa malha hidrográfica, que é composta de rios de pequeno porte, com exceção o rio São Francisco. A caracterização do meio físico das nascentes e sua área de preservação são condições básicas para a conservação e o uso racional da água. A Constituição Federal em seu art. 26 define as águas com um bem público, de elevada importância: *“I - As águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes, e em depósito, ressalvadas, nesse caso, na forma da lei as decorrentes de obras da União.”*

No estado de Sergipe foi sancionada a Lei nº 3870, de 25/09/1997, que versa sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria também o Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Logo no seu artigo primeiro, inciso quinto, escolhe a bacia hidrográfica como unidade de implantação para a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos e local de atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de recursos Hídricos, condicionado a um inventário de recursos naturais e sociais e econômicos nas bacias hidrográficas do território sergipano. Portanto, antes de qualquer ação de gerenciamento, houve a preocupação legal de levantamentos de dados para posteriores ações.

O território sergipano apresenta um total de 08 (oito) bacias hidrográficas, que são as seguintes: bacias do rio São Francisco, Rio Vaza Barris, Rio Real, Rio Japarutuba, Rio Sergipe, Rio Piauí, Grupo de bacias Costeiras 1 (GC1) e Grupo de bacias Costeiras 2 (GC2). Os rios Japarutuba, Sergipe e Piauí são rios considerados de jurisdição estadual, já que suas bacias hidrográficas se localizam dentro do Estado de Sergipe, exceto por uma pequena área dos rios Sergipe e Piauí, que recobre território do estado da Bahia.

O estado de Sergipe apresenta um padrão de utilização intenso de sua base física, caracterizado pela depreciação de seus ecossistemas nativos e danos aos corpos de água. Porém, a origem desse fato não está isolada a essa região, houve uma acentuação dessa degradação quando os recursos foram explorados de forma irracional em decorrência do crescimento econômico que houve nos últimos anos. Esse ato é decorrente do processo de mundial de ampliação de capital, que consome os recursos naturais sem ao mesmo tempo existir uma melhor qualidade de vida para as populações inseridas no ambiente dessa transformação.

O objetivo deste estudo foi analisar os impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio Siriri Vivo ocasionado pela pressão antrópica, por meio do monitoramento qualitativo da água, com a utilização de um modelo matemático para simulação de cenários. E a partir deste ponto: Realizar o monitoramento qualitativo dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Siriri Vivo; Analisar a qualidade físico-química e bacteriológica da qualidade da água; e estudar os efeitos das mudanças ambientais nos processos hidrológicos decorrentes de ações antrópicas na bacia hidrográfica, por meio de modelos hidrológicos.

2 REVISÃO GERAL

2.1 Bacias Hidrográficas

As bacias hidrográficas segundo Araújo e Santos (2010) são um conjunto de terras drenadas por um rio principal junto com os seus afluentes e que abriga naturalmente a existências de cabeceiras, divisores de água, cursos de água principais, afluentes e subafluentes, podendo ser principal, secundária ou terciária, costeira, central ou interior.

Historicamente podem-se ver as civilizações que nasceram as margens dos grandes rios, como o Nilo, e os tem utilizado como via de penetração para o interior e facilitando o crescimento dos aglomerados urbanos, destaca-se que os rios apresentam de certa forma as condições naturais e as atividades humanas desenvolvidas nas suas bacias hidrográficas, sofrendo, em função da escala e intensidade das mudanças, alterações, efeitos e impactos no comportamento da ação do homem.

De acordo com Silva, Dias, Junior Figueiredo (2011),

Bacia hidrográfica é a área ocupada por um rio principal e todos os seus tributários, cujos limites constituem as vertentes, que por sua vez limitam outras bacias. No Brasil, a predominância do clima úmido propicia uma rede hidrográfica numerosa e formada por rios com grande volume de água. E as bacias brasileiras são formadas por: Planalto brasileiro, Planalto das Guianas, Cordilheira dos Andes..... E oito grandes bacias: do rio Amazonas, do rio Tocantins, do Atlântico trechos Norte-Nordeste, do rio São Francisco, do Atlântico trecho Leste, do rio Paraná, do rio Paraguai e do Atlântico trecho Sudeste-Sul. (p.15).

Em termos hidrológicos, bacias hidrográficas são áreas definidas e fechadas topograficamente cuja entrada de água é a precipitação pluvial, e a saída é o volume de água. Escoado superficialmente, considerando-se como perdas intermediárias os volumes de água. Evapotranspirados e os perdidos por percolação profunda. Assim, o balanço hídrico pode ser facilmente estimado. (PINTO e AGUIAR NETTO, 2008).

As bacias hidrográficas são responsáveis pelo provimento de uma série de serviços ambientais, que satisfazem e sustenta direta ou indiretamente a vida humana, como armazenamento, regulamentação e provimento de água, controle de cheias e secas, proteção do solo contra erosão, controle de sedimentação, proteção

de encostas, interceptação vertical e recarga de aquíferos. Em uma área onde esta inserida a bacia em estudo, os serviços ambientais que a mesma pode oferecer estão intimamente ligados a uma série de fatores ambientais tais como: clima, geomorfologia, solos, cobertura vegetal e uso de ocupação do solo da bacia hidrográfica.

De acordo com Silva, Dias, Junior Figueiredo (2011), o Brasil tem uma rede hidrográfica formada por rios navegáveis com correntes livres, hidrovias geradas pela canalização de seus trechos, além de grandes lagos isolados feitos através da construção de barragens com o objetivo de gerar energia elétrica.

Por seu caráter integrador as bacias hidrográficas são consideradas excelentes unidades de gestão dos elementos naturais e sociais, pois, nessa óptica, é possível acompanhar as mudanças introduzidas pelo homem e as respectivas respostas da natureza. A exploração racional dos recursos naturais produtivos passou a ter mais destaque e importância nos últimos anos, em virtude da crescente preocupação mundial com a preservação, conservação do meio-ambiente.

A exploração sustentável dos recursos naturais deixou de ser uma visão utópica para se tornar uma necessidade básica e essencial do desenvolvimento tecnológico, uma vez que pode garantir o potencial produtivo desses recursos e manter a expectativa da vida destes e das gerações futuras (MACEDO et al, 2000).

A caracterização do meio físico de uma bacia hidrográfica, com o intuito de levantar todas as áreas críticas do ponto de vista da manutenção da água é condição básica para um planejamento bem sucedido da conservação e produção de água (PINTO et al., 2005).

A qualidade da água de rios e lagos está relacionada com as características físicas, químicas e biológicas intrínsecas de cada bacia hidrográfica. A configuração do espaço físico e a forma de ocupação humana provocam alterações na dinâmica de nutrientes e matéria orgânica que atingem o corpo hídrico, fatores esses que influenciam diretamente em toda a cadeia de seres vivos presentes no ecossistema. (KNAPIK, 2005).

2.2 Legislação

O primeiro marco legal sobre a gestão de recursos hídricos no país foi o Código de Águas, Decreto Federal n.º 24.643 de 10 de julho de 1934, que ainda vigora com algumas alterações dadas pela CF de 1988. E mesmo sendo antigo apresenta aspectos bastante atuais como o caso dos Arts. 36 e 110 que dizem respectivamente: “o uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído”.... “os trabalhos para a salubridade das águas serão executados à custa dos infratores.” E em 1997 é promulgada a Lei n. 9.433, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos. (FIGUEIREDO JUNIOR, 2011).

Destaca-se que a coordenação da elaboração e a implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos é de competência da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente – SRH/MMA, enquanto a ANA tem a atribuição de participar da sua elaboração e supervisionar sua implementação e o acompanhamento da execução e a responsabilidade pela aprovação é atribuição do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. E os planos estaduais, são de responsabilidade de suas leis de recursos hídricos para definir os entes responsáveis pela execução e implementação da gestão. E os planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas serão elaborados por agências de águas e aprovados pelos seus comitês. (FIGUEIREDO JUNIOR, 2011).

Os corpos d'água, segundo o CONAMA n.º 357 de 17 de março de 2005, tem seu enquadramento feito de acordo com os níveis de qualidade que deveriam ter para atender as necessidades da comunidade, e este enquadramento é realizado através de instrumentos de avaliação da evolução da qualidade da água, para se nivelar em que enquadramento esta se encontra. E o padrão de qualidade determinado por esta Resolução estabelece limites individuais para cada substância em cada classe.

Para se utilizar da água para qualquer fim não pode depreciar os diversos usos possíveis, onde se configuram os aspectos culturais, atividades recreativas e a preservação da diversidade biológica. Por isso é preciso monitorar os recursos hídricos para poder disponibilizar subsídios que auxiliem a recomendação de

medidas adequadas para manejo com o intuito de proporcionar um ambiente aquático com qualidade. (ELOI, 2011).

Nota-se que quando o fim do uso da água é a irrigação os produtores pedem somente a análise dos aspectos físicos e químicos, desprezando os fatores microbiológicos, que afetam o produto final que será consumido pelo ser humano, contaminando os alimentos, e colocando em risco a saúde do produtor que entra em contato direto com a água de qualidade ruim. Além do mais ele deve observar a adequação quanto aos padrões de potabilidade, estabelecidos pela Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde, uma vez que muitas doenças são adquiridas quando não são utilizadas as técnicas específicas para purificar a água. (ELOI, 2011).

A lei n.º 6.938/81, que dispõe a Política Nacional do Meio Ambiente que define a poluição como: “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente.”: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. (ELOI, 2011).

A poluição da água significa a alteração da qualidade, que é resultado do material poluente, fazendo com que a mesma torne-se imprópria para consumo humano, e outros seres vivos. E também é resultado da presença de substâncias provenientes de atividade antrópica ou natural. E por fim esta poluição sucede aos processos de: contaminação, assoreamento, eutrofização, acidificação. E as fontes de poluição dos recursos hídricos são: urbana, industrial, agropastoril, natural e acidental. (ELOI, 2011).

Os poluentes que degradam a qualidade da água são classificados em: físicos, químicos (orgânicos e inorgânicos) e biológicos, podendo atingir os recursos hídricos de forma difusa ou pontual. (ELOI, 2011).

Segundo Eloi (2011), o manancial escolhido para a captação de água para o abastecimento público, tem que atender a alguns requisitos, como qualidade e quantidade de água. Em quantidade o manancial deve garantir a vazão máxima de projeto, a fim de satisfazer a demanda por um determinado período de tempo pré-

definido. E a qualidade tem que atender as exigências da Resolução 357/2005 do CONAMA. E as medidas de proteção dos mananciais devem ser preventivas e ou corretivas. Onde a preventiva propõe-se a adotar medidas que evitem a degradação da qualidade do corpo d'água e o corretivo tem que recuperar a qualidade que foi alterada.

2.3 Gestão das Bacias Hidrográficas

A gestão de recursos hídricos no Brasil é um dos mais completos do mundo, teve seu início com o Código das Águas em 1934, através do decreto Federal 24.643/1934 (SOUSA JUNIOR, 2004) e atualmente com a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, em 2000. E através da criação de Comitês de Bacias Hidrográficas em algumas regiões do país, conseguem desenvolver prioridades para o uso da água. (BRAGA, 2006).

A gestão de bacias hidrográficas relaciona-se com a gestão dos recursos hídricos e deve articular a dimensão hidrológica, e de hidroengenharia, e incorporar a perspectiva ambiental. (ARAÚJO e SANTOS, 2010).

Um modelo de gerenciamento de bacia hidrográfica eficiente no atendimento às demandas do desenvolvimento sustentado terá que adotar uma visão sistêmica das intervenções que permita o seu planejamento estratégico. (LACERDA, 2003, p. 20).

A gestão de bacias hidrográficas é um modelo que precisa ser perseguido e alcançado, é preciso uma administração integrada que ultrapasse fronteiras políticas que possam possibilitar os usos de seus recursos, promover técnicas inovadoras para manter a sustentabilidade.

Isto implica também em avanços tecnológicos essenciais: monitoramento avançado em tempo real, treinamento de gerentes de recursos hídricos com visão integrada e integradora, capacidade de análise ecológica e modelagem matemática e construção de cenários adequados com avaliação de tendências, impactos e análises de risco. (TUNDISI, 2004, p.123)

É preciso de um número maior de pesquisadores que promovam projetos que aumentem o conhecimento da capacidade administrativa, propiciar o aumento do conhecimento sobre o funcionamento de lagos, rios, represas, a capacidade de

implementação da gestão local e regional; a educação da população e a solução de conflitos de interesses. (CLARK, KING, 2005)

Em Tucci (2001), são apresentados os principais usos consuntivos dos recursos hídricos são: abastecimento humano, animal (dessedentação), industrial e irrigação. Destacaremos os pontos do nosso estudo, que é o abastecimento humano e animal e a irrigação.

Abastecimento humano. A água para este fim está ficando bastante limitada, uma vez que a degradação da qualidade da água de superfície e subterrânea, através dos esgotos sem tratamento, escoamento pluvial urbano, sendo descarregados nos rios. E o consumo da água varia de acordo com o poder aquisitivo da população, assim havendo a melhoria do nível social e econômico, maior será a demanda por água. (TUCCI, 2001).

Dessedentação. O gado bovino consome 93% do total da água destinada a dessedentação de animais em todo o país. E os principais problemas ambientais detectados nas áreas de rebanho são: erosão do solo na bacia, devido a fragilidade do solo e ao manejo inadequado do pasto, carga de resíduos orgânicos dos rebanhos. (TUCCI, 2001).

Irrigação. A irrigação no Brasil desenvolve-se a partir dos diferentes modelos de exploração. Em se tratando de Nordeste, o investimento em irrigação para o plantio de frutas assegura ao produto final um valor econômico bem maior.

Uma vez que o uso da água é diversificado, cada vez mais é necessário pensar como Araújo (2012), que acredita que deve existir um processo de racionalização para este uso constante e exaustivo,

A ocupação do espaço na Terra e a objetivação do tempo para a produção pelas populações humanas, levam o homem a pensar a exploração dos recursos naturais de forma racionalizada e científica, concatenando as necessidades crescentes da população com os recursos aquáticos e terrestres cada vez mais limitados; essa compatibilização nem sempre é observada. (ARAÚJO, 2012, p. 69).

Os maiores desafios para a preservação dos recursos hídricos no Nordeste de acordo com Tucci (2001) é a baixa disponibilidade de água, assim deve-se pensar no que acontece quanto a: conservação do solo, uso de pesticidas, desmatamento e preservação de áreas ambientais, uma vez que eles são fatores

fundamentais para a sustentabilidade do desenvolvimento agrícola e a manutenção dos recursos hídricos.

Por isso Silveira (2009), afirma que se pode fazer uma linha direta entre a quantidade e qualidade da água e o uso e ocupação dessa bacia. Mesmo em condições de preservação natural, a qualidade da água é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, originados por precipitação atmosférica. Mesmo a bacia estando totalmente preservada em suas condições naturais, ocorre à incorporação de sólidos em suspensão ou dissolvidos. A ação antrópica de forma concentrada, como o que ocorre a partir da geração de despejos domésticos e industriais e/ou difusa como é o caso da aplicação de insumos agrícolas nos agroecossistemas, afetando assim a qualidade da água em uma bacia hidrográfica. O uso e ocupação do solo pelo homem têm grande influência na qualidade da água de uma bacia hidrográfica.

Quando nos referimos à gestão de recursos hídricos, em sentido amplo se refere as mais diversas formas pela qual se pretende equacionar, planejar e aperfeiçoar as questões de escassez relativa dos recursos hídricos, bem como fazer o uso adequado, visando o correto uso dos recursos em benefício da sociedade.

A natureza da gestão das águas requer parâmetros de uso associados ao poder fiscalizador, às comunidades e aos órgãos públicos instituídos para esse fim. A outorga é um instrumento de gestão dos recursos hídricos que deve ser utilizada de forma que seus efeitos não se tornem um problema para o meio ambiente, nem para as comunidades que usufruem dos usos múltiplos dos corpos d'água.... (ARAÚJO, 2012, p. 68/69)

A condição principal para que a gestão de recursos hídricos se efetive como uma ação concreta e eficaz seria a motivação política, onde os gestores públicos levarão em consideração o papel exercido pelos representantes do povo e suas responsabilidades e a importância desse posicionamento e ainda definirá a forma que será usada para manter os meios e estratégias para que a sua efetiva implantação, manutenção e aperfeiçoamento sejam possíveis.

Quando temos uma motivação política, existe então a possibilidade de planejar o uso e consumo e obter uma forma racional no controle dos recursos hídricos e buscar com isso meios de implantar ações de desenvolvimento, controlando-os fatores e problemas que possam afastar ou diminuir os efeitos nocivos a utilização dos recursos hídricos nas mais diversas áreas.

Pode-se constatar que a análise da bacia hidrográfica, deve partir de uma perspectiva sistêmica, sustentável e complexa, uma vez que a tarefa consiste em compreender e considerar as relações do arranjo espaço-temporal do papel da água como um recurso indispensável no funcionamento da biosfera, e que, no entanto é limitada dentro do complexo da geoesfera.

É necessário também levar em consideração as implicações no uso da água e a sua problemática para a obtenção e distribuição, junto aos atores naturais, sociais, culturais e econômicos, que intervêm no seu manejo, renovação e nas medidas que precisam ser feitas para garantir a economia da água, relacionando-se as transformações que ocorreram pela ação do homem.

Gestão, ... vem do latim *gestione* que quer dizer, ato de gerir, gerência, administração. As ações reflexivas e práticas relacionadas com a gestão também tem sido direcionadas, por exemplo, ao ambiente e ainda a recursos naturais específicos como é o caso dos recursos hídricos.... para recursos hídricos a gestão se reveste conceitualmente como sendo uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos... se constituem por uma política, que estabelece as diretrizes gerais, um Modelo de Gerenciamento, que define a organização legal e institucional e um Sistema de Gerenciamento, que reúne os instrumentos para o preparo e execução do Planejamento. (LACERDA, 2003, p. 18/19).

As políticas e ações que servem para identificar, desenvolver e explorar de forma qualitativa a água faz parte da gestão do suprimento deste recurso. E a gestão da demanda inclui os mecanismos e incentivos que promovem a conservação e a eficiência do uso da água. O nível de importância da gestão de suprimento e demanda, é levado em consideração a partir do nível de desenvolvimento do país e do grau de escassez de água do mesmo. O Banco Mundial em seu relatório de Gerenciamento de Recursos Hídricos, afirma que a “água é um recurso cada vez mais escasso e que necessita de um cuidadoso gerenciamento econômico e ambiental.”. (SALATI, 2006)

O Plano de Bacia de acordo com Telles (2006) é um instrumento de gestão imprescindível, porque diagnostica a bacia e também trabalha com temas que avaliam tendências de crescimento dos usuários da água, estabelecendo cenários de oferta e demanda dos recursos hídricos, além de oferecer recomendações e esboçam planos e programas de ações. O Plano é um

direcionamento das ações do comitê de bacias, que são por sua vez a base do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos e têm como objetivo a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, e é formado por representantes dos poderes públicos, dos usuários da água e de organizações civis que tem ações desenvolvidas com o intuito de recuperar, conservar os recursos hídricos em determinada bacia. (TELLES, 2006).

A gestão integrada dos recursos hídricos tem que seguir um plano que reconheça a necessidade de descentralizar o processo de tomada de decisão, que contemple de forma adequada as variadas e peculiares formas físicas, sociais, econômicas, culturais, e políticas, regionais, estaduais e municipais. Por isso é importante à participação da comunidade envolvida, para que seja viabilizada de forma mais eficiente às ações necessárias e assegurar sua agilidade e continuidade. (BRAGA, 2006).

De acordo com Braga (2006), a Carta de Salvador, sobre a gestão de recursos hídricos destaca o que se quer com este modelo de gestão: que o governo federal, juntamente com Estados e Distrito Federal deve elaborar seus planos de recursos hídricos, para que possam promover o uso racional da água, prevendo também a solução para os conflitos de uso e conservação, com prazos de curto, médio e longo prazo. (BRAGA, 2006)

Concordando assim as palavras de Araújo (2012), quando destaca que

uma gestão de recursos hídricos para a sustentabilidade, se baseie em princípios, que seja de utilidade e que possibilite a sua operacionalidade; que tenha equanimidade na satisfação das necessidades atuais e futuras da sociedade, independente do seu perfil de classe social, filiação ideológica ou religiosa; que o uso dos recursos naturais esteja dentro dos limites da capacidade de suporte do ambiente e a conservação da diversidade biológica abranja todos os níveis, tanto taxonômico como genético e funcional; que a valoração dos bens e serviços que os recursos naturais e ecossistemas prestem à sociedade,...e que haja transferência das questões ambientais em escala global, regional e local. (ARAÚJO, 2012, p. 68).

Os desafios para a sustentabilidade e a gestão de recursos hídricos estão sustentados nas demandas crescentes em abastecimento humano e conservação da qualidade do meio ambiente. Desta forma compreende-se que alguns impactos através do uso inadequado do solo, desmatamento, uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos agrícolas e agrotóxicos, confirmam as afirmações da ONU

que destacam os distúrbios ambientais acelerados, em áreas de nascentes e ao longo de cursos d'água, fatores que agravam as preocupações com relação à conservação dos recursos hídricos, fazendo que se torne primordial o planejamento e a ordenação do uso deste recurso nas bacias hidrográficas. (SILVA, DIAS, JUNIOR FIGUEIREDO, 2011).

A manutenção da vida no planeta só é possível por meio da oferta de água. A humanidade desde os tempos remotos estabelece uma íntima relação com os recursos hídricos, critério decisivo no que se refere a decisão da fixação do homem em um espaço determinado. Embora essa relação seja tão especial e antiga o homem de depender desse valioso recurso para viver e desenvolver-se economicamente, ele polui e o utiliza de forma não adequada, como com todos os recursos naturais a seu alcance.

Segundo Lacerda (2003), o ser humano ao longo de sua história, transforma o ambiente em que se encontra para atender as suas necessidades e expectativas, e esta ação é constante e de forma permanente, e assim ele consegue sobreviver em áreas inóspitas, como é o caso do nordeste brasileiro.

A população mundial cresce de modo assustador, exigindo maior demanda dos recursos hídricos, e também porque o descaso como é tratado resulta em notável diminuição da água potável disponível no planeta. (VIEGAS, 2012, p.12)

Salati (2006) destaca que tanto qualidade e quantidade da água podem ser alteradas decorrentes das causas naturais e antrópicas. E as alterações que o homem realiza na água são caracterizadas em: desmatamentos, mudanças do uso do solo, os projetos de irrigação e a construção de barragens.

As gerações vindouras terão as mesmas necessidades fundamentais que as nossas para a sua manutenção, embora provavelmente desenvolvam técnicas mais adequadas para o manejo e utilização dos recursos hídricos. A combinação de várias formas de exploração dos recursos naturais e de seus efeitos sobre o meio ambiente transformou o planeta no século XX, se em seu início, a sociedade industrial acreditava ter a sua disposição fontes ilimitadas de energia, em suas três últimas décadas ficou evidente que o padrão de produção ambiental inviabilizaram no médio e longo prazo. (SANTOS, 2010, pg.186)

Pode-se compreender que toda a atividade do ser humano que modifique o balanço hídrico e automaticamente influencia na disponibilidade da água. O

antropismo ajuda a melhorar a oferta de recursos hídricos, modificando o período de residência da água de superfície nos ecossistemas, podem-se notar estas alterações nas construções de açudes, represas e nas hidrelétricas. Mas também existem as intervenções que não trazem apenas benefícios, como por exemplo, a falta de controle na agricultura da erosão, que afeta o recurso hídrico, uma vez que aumenta o escoamento superficial levando solos que conseqüentemente leva ao assoreamento de rios, lagos e represas. Estas atividades antrópicas, junto com o desenvolvimento industrial e a urbanização degradam a qualidade dos recursos hídricos. (SALATI, 2006)

Dentre os 16 tipos de impacto antrópico apresentado por Tundisi et al. (2002), no ambiente estudado foram registrados cinco: remoção de mata ciliar, deterioração das margens, eutrofização excessiva, alterações na flutuação do nível da água e alteração nas condições química e física das águas.

Ressalta-se que muitos problemas climáticos, tem origem antrópica, um exemplo são as concentrações de gases (gás carbônico, metano, óxido de nitrogênio e os clorofluorcarbonos (CFCs)), que podem produzir o aquecimento da atmosfera. Outras conseqüências do antropismo são a diminuição dos estoques de água das geleiras, aumento da umidade do ar em algumas regiões, aumento do número de tufões e furacões, bem como a variação da quantidade e da qualidade de água potável nas regiões litorâneas em decorrência da alteração do nível do mar. (SALATI, 2006).

No processo interativo do homem com a natureza perpassa uma linha progressiva de fatos históricos, onde o homem primitivo primeiramente um consumidor, exercia ações de adaptabilidade aos fenômenos naturais.... a criação de um mundo em que a elaboração e aplicação da sapiência acumulada determinassem a esse ser racional a capacidade de tomar para si a responsabilidade dos limites da sua própria sobrevivência... ao colocar que o ser humano, dentro do processo de evolução, dominou os mares, conquistou novas terras, desenvolveu a ciência e a técnica, inventou a máquina, construiu a máquina e gerou uma civilização caracterizada pelo constante crescimento econômico e tecnológico. A incorporação dessa postura de dominação sobre o meio natural fez com que o homem civilizado se defrontasse com problemas advindos da destruição dos recursos naturais em proporções nunca imaginadas. (LACERDA, 2003, p.17).

Desta feita pode-se compreender a fala de Altieri, 1999 apud Cunha, Holanda (2010), onde é apresentada a importância do estudo da intervenção do homem na natureza para poder melhorar o ambiente,

Não sabemos por quanto tempo mais os homens podem seguir aumentando a intervenção na natureza, fazendo esgotar os recursos naturais e causando grande degradação ambiental. Antes de descobrirmos esse ponto crítico por meio da experiência desafortunada, deveremos nos esforçar para desenhar agroecossistema, que se assemelhem em estabilidade e produtividade com os sistemas naturais. (ALTIERI, 1999 APUD CUNHA, HOLANDA 2010, p. 56).

Por isso que se pode dizer que o uso desordenado e insustentável dos recursos naturais, neste caso os recursos hídricos têm levado os pesquisadores a discussões sobre a conduta do ser humano com relação ao meio ambiente. É preciso ter uma posição crítica com relação ao comportamento do ser humano, que vem sendo questionado constantemente, sabendo-se que os recursos naturais são finitos e o atual modelo desenvolvimentista global pouco tem ajudado a preservar o pouco que ainda resta.

As atividades humanas exercem muita pressão sobre o meio natural, as mudanças a que são submetidos os sistemas naturais são logo percebidas e a destruição do meio ambiente torna-se um problema sócio-econômico grave. (RODRIGUES, 2006, p. 34).

Para Magalhães (2007), a água é significativamente um fator estruturador do espaço e condicionador da localização e da dinâmica das atividades antrópicas, por ser um fator preponderante nas estratégias no desenvolvimento e expansão dos povos, por este fator a atual situação de escassez hídrica, em qualidade e quantidade, levou a criar novas exigências na integração de esforços na gestão racional dos usos da água. Até porque pressões antrópicas que existem em uma bacia provocam alterações na dinâmica hidrossedimentológica, levando a erosão, aumentando a carga de sedimentos, comprometendo concomitantemente a quantidade e qualidade da água para os seus múltiplos usos.

O Nordeste tem a terceira colocação em superfície entre as bacias hidrográficas brasileiras, mesmo assim ele não é significativa em reservas hídricas, por conta de seu clima, vegetação, solo e geologia, com uma representação de apenas 3% do total no Brasil. Somando a uma região muito vasta, pobre e populosa, aumenta o problema com a escassez do recurso hídrico, tornando o Nordeste brasileiro uma das áreas mais degradadas do país com grande número de áreas em desertificação. (LACERDA, 2003).

A concentração da população em determinadas regiões, cidades e áreas urbanas é um dos principais aspectos a ser considerado na gestão integrada de recursos hídricos, uma vez que implica em demanda tanto por disponibilidade de água para o abastecimento público, quanto para dissolução de cargas poluidoras urbanas. A situação de poluição hídrica tem-se agravado no País, considerando-se o aumento das cargas poluidoras: urbana e industrial, uso inadequado do solo, erosão, desmatamento, uso inadequado de insumos agrícolas e mineração.

As principais causas antrópicas para os problemas de recursos hídricos são destacados por Viegas (2012),

Poluição ambiental, crescimento populacional e desperdício de água. Não se pode esquecer que o ser humano também provoca crise quando deixa de gerenciar adequadamente os recursos hídricos e quando negligencia a formulação de uma política mundial de preservação ambiental, que englobaria uma política de águas. (VIEGAS, 2012, p. 33).

A qualidade da água de uma bacia hidrográfica pode ser influenciada por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica.

Segundo Arcova et al. (1998), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade.

Estes fatores, associados à distribuição anual de chuvas e às características climáticas, levam a danos ambientais dos recursos hídricos, dentre os quais se destacam o aumento do transporte de sedimento e a contaminação orgânica e química das águas, que são decorrentes da poluição de águas fluviais provocada pelos pólos agroindustriais.

A quantidade e a qualidade de água das nascentes de uma bacia hidrográfica podem ser alteradas por diversos fatores, destacando-se, a declividade, o tipo de solo, o uso da terra, principalmente nas áreas de recarga. Assim faz-se necessário o estudo das interações dos recursos e das ações antrópicas na bacia hidrográfica (PINTO et al., 2004).

Os principais componentes do ecossistema – solo, água, vegetação e fauna – coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências

naturais e àquelas de natureza antrópica. Nesses compartimentos naturais, os recursos hídricos constituem indicadores das condições dos ecossistemas, no que se refere aos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes.

Os cursos d'água podem refletir pressões antrópicas cujas características alteram diferencialmente determinados parâmetros da água. Diversas são as atividades empreendidas que podem interferir nos ambientes fluviais, traduzindo-se na alteração de diversos aspectos da qualidade das águas, seja físico, químico ou biológico. Essas atividades se constituem em pressões sobre os ambientes fluviais e podem trazer consequências diretas ou indiretas para o regime hidrológico e para o padrão fluvial do corpo d'água.

As pressões podem incidir direta ou indiretamente sobre os ambientes fluviais, podem ser atividades praticadas na bacia hidrográfica ou podem ser o resultado de atividades já desenvolvidas ou ainda em desenvolvimento.

O termo pressão corresponde a Aspecto Ambiental introduzido pela norma ISO 1400 e pode ser entendido como o mecanismo através do qual uma ação humana causa um impacto ambiental. Esse impacto ambiental, por sua vez, diz respeito à alteração da qualidade ambiental resultante de uma pressão no ambiente, seja ao longo do tempo ou ainda em curto espaço de tempo.

O processo de crescimento e desenvolvimento de uma determinada área se concretiza quando existe uma modificação de sua economia e da capacidade de organização aliada à preservação dos recursos naturais. A possibilidade de obter melhorias na sua gestão passa pela possibilidade conhecimento do monitoramento dos recursos hídricos, favorecendo o controle, e colaborando para uma forma racional de aproveitamento desses recursos como também sua preservação. Por isso pode-se concordar com Rebouças (1997), quando ele afirma que,

É de origem social o comportamento humano que agrava os efeitos da seca ou da enchente – pelo desmatamento, pela ocupação das várzeas dos rios, pela impermeabilização do solo no meio urbano, pelo lançamento de esgoto não-tratado nos rios, pelo desperdício da água disponível. (REBOUÇAS, 1997, p.1)

Porém, Tucci (1998), lembra que a ação do homem, no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço terra, requer, cada vez mais, uma visão ampla sobre as necessidades da população, os recursos terrestres e aquáticos

disponíveis e o conhecimento sobre o comportamento dos processos naturais nas bacias hidrográficas, para racionalmente compatibilizar necessidades crescentes com recursos limitados.

Agroecossistema de maneira geral significa um local para a produção agrícola, onde se produz alimentos. Sendo específico pode ser caracterizado por sistemas ecológicos modificados pelo homem para produzir comida, fibra ou qualquer outro produto agrícola. Eles são caracterizados como um sistema bastante complexo e dinâmico que envolve o ar, a água, solo, plantas, animais, microorganismos e tudo que se encontrar na área modificada pelo homem para que ele faça a sua produção agrícola. (CUNHA, HOLANDA, 2010).

Agroecossistemas podem ser definidos como entidades regionais manejadas com o objetivo de produzir alimentos e outros produtos agropecuários, compreendendo as plantas e animais domesticados, elementos bióticos e abióticos do solo, rede de drenagem e de áreas que suportam vegetação natural e vida silvestre. Os agroecossistemas incluem, de maneira explícita o homem, tanto como produtor como consumidor, tendo, pois, dimensões socioeconômicas, de saúde pública e ambiental. (TOEWS, 1987 apud CUNHA, HOLANDA, 2010, p. 39)

Assim pode-se compreender que agroecossistema tem características bem específicas a depender da região, resultante da ação do homem, da variação do clima, solo, relações econômicas, sociais, culturais e até históricas.

Não se pode mais imaginar a água como um fator inesgotável ou sem a devida atenção de sua importância, a preservação e gestão de recursos hídricos deixa de ser algo coadjuvante para ter um papel ímpar na sociedade moderna.

Para Telles (2006), os maiores consumidores da água no mundo ocorrem na agricultura e pecuária, principalmente na utilização de irrigação de cultura e nos sistemas de exploração animal, e este uso degrada o ambiente e conseqüentemente diminui o acaba com a oferta do recurso hídrico.

A exploração de animais pode poluir os mananciais pela disposição de efluentes no solo ou diretamente nos rios e lagos. Em instalações de confinamento de suínos, por exemplo, parte considerável da água utilizada transforma-se em efluente com grande potencial poluidor, pois é adicionado de urina e fezes. A contribuição da pecuária como fonte pontual de poluição de mananciais também se dá pelo escoamento de água da chuva em áreas de pastagens, em sistemas de criação intensiva. Efluentes da agricultura e da pecuária podem causar danos à saúde humana e animal. (TELLES, 2006, p. 325).

A conservação da água é caracterizada por algumas ações destacadas por Telles (2006), preservar as disponibilidades de água na natureza através de medidas diretas no âmbito da bacia hidrográfica, incluindo água e solo; Reduzir as perdas nas estruturas de fornecimento de água para as mais diversas aplicações, incluindo o abastecimento público, irrigação, dessedentação e ambiência de instalações animais; Minimizar os desperdícios de água em qualquer ramo de atividade, utilizando-a no limite das reais necessidades; Reduzir o consumo, reciclando a água em circuitos abertos e fechados; Reduzir as quantidades de água captadas dos mananciais, por meio da utilização da prática do reuso de forma adequada e em bases sustentáveis e preservar a qualidade da água na natureza, tratando adequadamente as águas residuárias antes de sua disposição nas coleções hídricas.

Outra prática adotada para a conservação e racionalização do uso da água na pecuária é em primeiro lugar ter que aprimorar as informações sobre a requisição de água pelos animais, tanto no uso a dessedentação como também na aplicação em conforto térmico e limpeza dos animais e suas instalações. Bem como, a utilização de plantas e animais adaptados as condições de restrições hídricas.

O plantio direto é uma das práticas de conservação do solo e da água, significa um conjunto de técnicas integradas que visam melhorar as condições ambientais para explorar da melhor forma possível o potencial genético de produção de culturas. A principal vantagem do plantio direto é com relação à disponibilização da água às plantas estão ligadas ao aumento da taxa de infiltração, redução do escoamento superficial e da evaporação da superfície do solo, permitindo assim a conservação da água no solo.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para emitir o Selo de Conformidade, implantou o Sistema de Produção Integrada de Frutas – PIF, onde estabelecem práticas obrigatórias, recomendadas, proibidas ou permitidas com restrição, e desde 2003 nenhum produto agrícola sem esta certificação é comprado internacionalmente. Este sistema é fundamentado em normas da série ISO e é um sistema de exploração agrária que produz alimentos e outros produtos de alta qualidade mediante o uso dos recursos naturais e de mecanismos reguladores para minimizar o uso de insumos e contaminantes e para assegurar uma produção agrária sustentável. (TELLES, 2006).

Para que se alcançasse o nível de pensamento sobre sustentabilidade atual foi necessário que se acontecessem episódios que levassem ao desgaste das reservas naturais que sustentam toda a população da terra. Este acontecimento tem seu estopim após a Segunda Guerra Mundial, fim da década de 40, onde existia o desafio de reconstruir as sociedades afetadas pela guerra, estabelecer a ordem internacional hegemônica partindo de um contexto de grandes disparidades sociais e econômicas entre os países urbanizados e industrializados e os países predominantemente rurais e com baixa industrialização.

Este período foi marcado pelo desenvolvimento acelerado econômico, tecnológico e social através da lógica da acumulação de capital e a produção capitalista, criou-se então um modo de vida desenvolvido, que era um caminho evolutivo, linear e inevitável a ser percorrido pelas sociedades subdesenvolvidas para a “erradicação” da pobreza, tudo isso fundamentado no ideal de sociedade norte-americana. (SCOTTO, 2010)

Ao mesmo tempo em que crescia o anseio de acabar com a pobreza a todo o custo, surgia também questionamentos à sociedade industrial, e na década de 60, por meio dos movimentos de contracultura, ecológicos, inconformados com o modelo materialista, bélico, individualista, competitivo e degradador do meio ambiente. Uma vez que era constatado o uso intensivo de matérias-primas e energias não renováveis, haja vista com o passar da década veio a crise do Petróleo em 1970.

E assim a partir desta crise, somando-se as constatações que o fracasso do desenvolvimentismo na solução dos problemas globais, denunciando a exploração ilimitada dos bens ambientais e a insustentabilidade social e ambiental por ela gerada. (SCOTTO, 2010)

E é neste contexto de crise econômica e ambiental que se iniciam os debates ecológicos, então a primeira referência que se fez sobre desenvolvimento sustentável é em 1980, através de um documento intitulado de “*Nosso Futuro Comum*”, que foi o resultado da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), criada na Assembleia Geral da ONU em 1983 em atendimento às resoluções da Conferência Mundial sobre Meio Ambiente Humano em 1972. Este documento foi publicado em 1987 na Inglaterra e EUA, no Brasil ele

foi publicado em 1988, onde destaca que: “desenvolvimento que é capaz de garantir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem às suas.”. (SCOTTO, 2010)

Voltando a 1973, aparece a expressão ecodesenvolvimento, apresentado por Maurice Strong, este conceito buscava superar a polarização do debate, que oscilava entre a defesa do desenvolvimento sem limites e uma visão catastrófica sobre os limites do crescimento. O ecodesenvolvimento procurava ser um intermediário entre o “ecologismo absoluto e o economicismo arrogante”, termos criados por *Ignacy Sachs*, um dos formuladores da ideia de ecodesenvolvimento.

Assim pode-se retratar a ideia deste conceito:

Um processo criativo de transformação do meio com a ajuda de técnicas ecologicamente prudentes, concebidas em função das potencialidades deste meio, impedindo o desperdício inconsiderado dos recursos, e cuidando para que estes sejam empregados na satisfação das necessidades de todos os membros da sociedade...promover o ecodesenvolvimento é, no essencial, ajudar as populações envolvidas a se organizar, a se educar, para que elas repensem seus problemas, identifiquem as suas necessidades e os recursos potenciais para conceber e realizar um futuro digno de ser vivido, conforme os postulados de justiça social e prudência ecológica. (SACHS, 1986 apud SCOTTO, 2010, P. 25/26).

Passados mais de 35 anos vários debates, fóruns, convenções, ocorreram, vários pensamentos, e ainda se continua a debater a sustentabilidade ou sociedade sustentável, mas podem-se destacar algumas conclusões que se chega após décadas de debate, é que o desenvolvimento sustentável não pode se preocupar somente com o desenvolvimento das classes médias urbanas onde são criados os meios de desenvolvimento da maior parte da sociedade, mas deve auxiliar fundamentalmente àqueles grupos que são mais atingidos pela crise ecológica, degradação ambiental, como são o caso dos agricultores, grupos indígenas, comunidades locais que dependem para sua subsistência da terra e do acesso aos recursos naturais.

De acordo com Jacobi (2006), o sistema sustentável pode ser entendido como:

Um processo no qual, de um lado, as restrições mais relevantes estão relacionadas com a exploração dos recursos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e o marco institucional. De outro, o crescimento deve enfatizar os aspectos qualitativos, notadamente os relacionados com a equidade, o uso de recursos – em particular da energia – e a geração de resíduos e contaminantes. Além disso, a ênfase no desenvolvimento deve fixar-se na superação dos déficits sociais, nas

necessidades básicas e na alteração de padrões de consumo, principalmente nos países desenvolvidos, para poder manter e aumentar os recursos-base, sobretudo os agrícolas, energéticos, bióticos, minerais, ar e água (p.203).

Essa definição de sustentabilidade revela que os processos socioeconômicos, podem ser organizados para harmonizar a produção dos ecossistemas favorecendo as necessidades humanas presentes e futuras.

Consideramos que os problemas ambientais desencadeados pelo homem como a emissão de halocarbonetos na atmosfera tem suas raízes no sistema econômico capitalista. A busca desenfreada pelo lucro tem desconsiderado as condições de vida das pessoas, ou seja, o capitalismo volta-se para o ganho financeiro mesmo que provoque problemas sócio-ambientais.

Na verdade, o que presenciamos, é um estado de agonia com a degradação das condições ambientais, em favor do lucro promovendo o enriquecimento de uma minoria. A reestruturação do capitalismo ocorrida em 1970, com o surgimento do neoliberalismo têm gerado um lastro de abismos sociais inimagináveis há alguns anos atrás. Para exemplificação destacamos dados de 1992 do PNUD, que revelam que os 20% mais ricos do mundo eram 59 vezes mais ricos que os 20% mais pobres comprovando o quanto esse sistema econômico acirra as diferenças sociais (BORON, 1999).

A primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental foi realizada na Geórgia na cidade de Tbilisi em outubro de 1977, organizada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e resultou nas Recomendações da Conferência de Tbilisi (DIAS, 2003). Os conceitos discutidos na conferência de Tbilisi são a base para uma matriz de Educação ambiental.

As recomendações de Tbilisi, como ficaram denominadas as advertências e orientações daquela conferência, são importantes para as ações e atividades em Educação Ambiental. A recomendação nº 2 aborda aspectos a serem trabalhado como: a) ajudar os grupos sociais e os indivíduos a adquirirem consciência do meio ambiente global e ajudar-lhes a sensibilizarem-se por essas questões; b) ajudar os grupos sociais e os indivíduos a comprometerem-se com uma série de valores, e a

sentirem interesse e preocupação pelo meio ambiente, motivando-os de tal modo que possam participar ativamente da melhoria e da proteção do meio ambiente.

As recomendações que se seguiram à Conferência Internacional de Tbilisi estabelecem os princípios orientadores da Educação Ambiental. Formar pessoas que percebem o meio ambiente como espaço a ser cuidado, pode ser um dos pilares da educação do século XXI.

O papel formativo, não se limita às escolas e cabe também a todos os gestores que ocupam cargos públicos. A contribuição como o meio ambiente pode ocorrer das mais diversas formas, seja em ações isoladas e seja, sobretudo, com práticas ético-ambientais de preservação dos recursos naturais da Terra.

Outro evento importante na área ambiental foi a Rio-92, realizada no Rio de Janeiro. Dessa conferência emergiu o Tratado de Educação para sociedades sustentáveis e responsabilidade Global (CARVALHO, 2004).

A definição oficial de impacto ambiental é apresentada na Resolução CONAMA 001/86, que em seu Artigo 1º. define-o como : "... qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais".

Segundo Araújo e Santaella (2001), a qualidade da água é um termo utilizado para expressar a adequação da mesma para os variados fins a que ela é disponibilizada, como por exemplo: consumo humano, dessedentação animal, agricultura, etc. E a sua composição, qualidade e classificação dependem do caminho que esta água percorreu até chegar ao destino. Esta qualidade é afetada por fatores climáticos, origem e características do manancial e fatores antrópicos. Desta feita a sua qualificação é determinada a partir de aspectos físicos, químicos e biológicos, representados por parâmetros que são aceitos mundialmente.

Estes parâmetros são: cor, turbidez, pH, alcalinidade, dureza, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, nitratos, nitritos, amônia, nitrogênio total, sílica reativa, cloretos, sulfatos, fosfatos, metais

pesados, sólidos, coliformes, fertilizantes, pesticidas, fitoplâncton, zooplâncton, clorofila a., penetração de luz e produção primária. (ARAÚJO e SANTAELLA, 2001).

O processo de eutrofização é a fertilização da água, que acontece em lagos e reservatórios, onde a quantidade de nutrientes como nitrogênio, fósforo leva ao crescimento de plantas aquáticas em níveis que interferem o uso da água. É um fenômeno natural, e que sem a interferência do homem leva séculos para eutrofizar, mas com a atividade antrópica acelera o processo reduzindo este tempo para décadas ou anos. E em quantidade excessiva estas plantas prejudicam o equilíbrio natural das cadeias tróficas, alterando o ciclo químico e biológico do corpo d'água. (ARAÚJO e SANTAELLA, 2001).

Dentre as ações humanas, que mais contribuem para acelerar o processo da eutrofização destacam-se: desmatamento; criação de áreas agrícolas; industrialização; implantação de cidades; utilização excessiva de adubos e pesticidas e obras hidráulicas que impliquem ao aumento do tempo de residência das massas de água.

Os Sedimentos também são aspectos relevantes a serem observados como fatores de qualidade da água, eles são levados aos corpos d'água através da erosão devido às intervenções antrópicas. As principais consequências é o assoreamento, aumento da turbidez, aporte de nutrientes e de microrganismos patogênicos.

Para Christofolletti (2002) apud Souza (2002), impacto ambiental é: “mudança sensível, positiva ou negativa, nas condições de saúde e bem estar das pessoas e na estabilidade do ecossistema do qual depende a sobrevivência humana. Essas mudanças podem resultar de ações acidentais ou planejadas, provocando alterações direta e indiretamente”.

A exploração sustentável dos recursos naturais deixou de ser uma visão utópica para se tornar uma necessidade básica e essencial do desenvolvimento tecnológico, uma vez que pode garantir o potencial produtivo desses recursos e manter a expectativa da vida destes e das gerações futuras (MACEDO, 2000).

O processo de crescimento e desenvolvimento de uma determinada área se concretiza quando existe uma modificação de sua economia e da capacidade de organização aliada à preservação dos recursos naturais. A possibilidade de obter

melhorias na sua gestão passa pela possibilidade conhecimento do monitoramento dos recursos hídricos, favorecendo o controle, e colaborando para uma forma racional de aproveitamento desses recursos como também sua preservação.

Porém, Tucci (1998), lembra que a ação do homem, no planejamento e desenvolvimento da ocupação do espaço terra, requer, cada vez mais, uma visão ampla sobre as necessidades da população, os recursos terrestres e aquáticos disponíveis e o conhecimento sobre o comportamento dos processos naturais nas bacias hidrográficas, para racionalmente compatibilizar necessidades crescentes com recursos limitados.

Por isso o antigo olhar, que se resume a uma unidade de produção, isolada do ecossistema, do território e da microbacia na qual está inserida, não é capaz de dar conta da construção de estratégias que conduzam os sistemas de produção agrícola à sustentabilidade, utilização, conservação e proteção da reserva legal. Por isso não se pode planejar “de fora” projetos de desenvolvimento rural local, deixando de partir da realidade sócio-política e cultural dos agricultores que ali tiram seu sustento.

Para Mercadante (2001), a posse e utilização dos recursos naturais por parte dos agricultores, apresentam-se como nota diferencial e aponta para um curso inovador de democratização do acesso a terra sob vários enfoques principalmente no aspecto gestão. Observa-se a compreensão em que se ultrapassam limites de definição da regularização fundiária como um simples instrumento de definição de propriedade, apenas colocando-a como um instrumento que tem como finalidade legitimar a posse sob a observância da sua manifestação concreta, entre a proteção ambiental e os interesses dos agricultores e das populações locais.

No Brasil, as principais fontes de degradação dos recursos hídricos, são esgotos domésticos e industriais, que são lançados de forma acentuada nos corpos de águas na sua quase totalidade sem nenhuma forma de tratamento adequado, resultando na degradação ecológica e sanitária dos corpos de água, com grandes prejuízos ecológicos, econômicos e sociais. Essa situação provoca um passivo enorme principalmente a população que depende desse corpo d'água.

É bem verdade que, apenas 0,5% do volume total de água doce do planeta encontram-se imediatamente disponível, para ser usado pelo homem. Dessa forma,

a água como os demais recursos naturais da biosfera, é escassa, portanto, o seu uso racional e preservação da qualidade constituem-se numa boa prática, para a manutenção da oferta. (DALTRO FILHO, 2004)

O nordeste brasileiro sofre problemas sérios na oferta de recursos hídricos, principalmente no que se diz respeito à qualidade desses recursos hídricos, acentuados pela sua gestão nem sempre eficaz, a carência hídrica na região nordeste potencializa o problema da perda de qualidade da água, gerado tanto pela contaminação dos corpos de água por produtos químicos oriundos das atividades industriais ou agrárias, quanto também pelo despejo indiscriminado e constante de efluentes domésticos não tratados, provocando enormes danos ao meio ambiente. (SODRÉ-NETO e ARAÚJO, 2008).

O Nordeste do Brasil apresenta como principal obstáculo ao seu desenvolvimento o chamado fenômeno das secas. Como estado do Nordeste, Sergipe não deixa de sofrer tais influências destas variações climáticas que acabam por dificultar o seu desenvolvimento agrícola, tal situação é acentuada na porção noroeste do estado.

O aumento e a diversificação dos usos múltiplos, o extenso grau de urbanização e o aumento populacional resultaram em uma multiplicidade de impactos que exigem evidentemente diferentes tipos de avaliação, novas tecnologias de monitoramento e avanços tecnológicos no tratamento e gestão das águas. Este último tópico tem fundamental importância no futuro dos recursos hídricos. (TUNDISI, 2008, p.110)

Estresse e escassez de água em muitas regiões do planeta em razão das alterações na disponibilidade e aumento de demanda; consequências principalmente da má gestão e de políticas públicas sem efeito esperado etc. Infraestrutura pobre e em estado crítico, em muitas áreas urbanas com até 30% e perdas na rede após o tratamento das águas; um fator preocupante, pois esse prejuízo além de desperdício de recursos hídricos gera também uma perda econômica, potencializando ainda mais os problemas da distribuição e oferta de recursos hídricos. (TUNDISI, 2008)

Problemas de estresse e escassez em razão de mudanças globais com eventos hidrológicos extremos aumentando a vulnerabilidade da população humana e comprometendo a segurança alimentar (chuvas intensas e períodos rigorosos de seca); gerando grandes deslocamentos da população em busca de locais onde

exista oferta de recursos hídricos, causando problemas de cunho social, econômico, saúde e ambiental. (TUNDISI, 2008)

Problemas na falta de articulação e fragilidade na efetivação de ações consistentes na governabilidade de recursos hídricos e na sustentabilidade ambiental. Já que poucos governos tem a preocupação de associar desenvolvimento econômico com gestão de recursos hídricos e buscar meios para providências as ferramentas e condições necessárias para uma gestão onde o cuidado de preservar seja aplicado. (TUNDISI, 2008)

A urbanização avançou sobre os mananciais e deteriorou as fontes de suprimentos superficiais e subterrâneas. Os custos do tratamento de água para produção de água potável atingem altos valores especialmente se os mananciais estão desprotegidos de florestas ripárias e cobertura vegetal suficiente nas bacias hidrográficas e se as águas subterrâneas estão contaminadas. (TUNDISI, 2003, p. 45)

A água é um recurso estratégico, limitado e fator obrigatório para a existência da vida. Nesse sentido, a gestão dos recursos hídricos busca resolver os conflitos entre os usuários de uma bacia hidrográfica, garantindo a disponibilidade hídrica para os múltiplos usos a que se destina a manutenção e recuperação da qualidade dos corpos d'água, bem como de seu uso racional e eficiente.

A produção animal interage com o meio ambiente de diversas formas, especialmente por conta da necessidade de água para a dessedentação animal e pela alimentação extraída do solo por meio das pastagens naturais ou cultivadas. Como destaca Dias (2008),

O superpastoreio intensifica a compactação dos solos e a subtração da cobertura vegetal, favorecendo a erosão.... As fezes e a urina expelidas pelos animais depositam-se aleatoriamente ao longo das áreas de pastagens e nos recursos hídricos. (DIAS, 2008, p. 32).

O que significa que o recurso hídrico é o mais prejudicado quando acontece uma forma desequilibrada de desenvolver a produção animal, uma vez que os cursos de corpos d'água podem ser contaminados com facilidade pelas fezes dos animais, contando com a alta taxa de evaporação e a pouca renovação hídrica, contaminando a água que depois será utilizada pelo ser humano.

Os principais impactos ambientais negativos decorrentes da produção animal são:

- A eliminação ou redução da fauna e flora nativas, como consequência do desmatamento de áreas para o cultivo de pastagens;
- O aumento da degradação e perdas de nutrientes dos solos, principalmente por causa do pisoteio intensivo;
- A contaminação dos produtos de origem animal, por causa do uso inadequado de produtos veterinários e de agrotóxicos e fertilizantes químicos nas pastagens;
- Redução da capacidade de infiltração da água no solo devido a compactação;
- Contaminação das fontes d'água e assoreamento dos recursos hídricos.

Desta forma Dias (2008, p. 34) afirma que para a produção animal extensiva pode-se realizar atividades de controle, com a adoção das seguintes medidas:

- Executar rotação de pastos;
- Limitar o número de animais por área, evitando o superpastoreio;
- Controlar a duração do pastoreio;
- Instalar em locais estratégicos as fontes de água e sal;
- Restringir o acesso dos animais às áreas instáveis e de áreas de florestas nativas;
- Adotar medidas de controle da erosão;
- Implementar políticas de recursos hídricos de forma a garantir o suprimento de água para as necessidades da unidade de produção nos períodos secos, dentre outras medidas.

E para a produção de animais em regime de confinamento existem também algumas medidas preventivas:

- Adequada instalação de estábulos;
- Estabelecimento de distâncias adequadas de assentamentos humanos, visando minimizar possíveis conflitos com os vizinhos;

- Implementar medidas de armazenamento, tratamento, utilização e disposição adequada dos resíduos líquidos e sólidos gerados.

Todas estas medidas devem ser adotadas, uma vez que os impactos ambientais negativos provenientes da produção animal são proporcionais à intensidade que a mesma é praticada e a disponibilidade de recursos naturais. É notório que esse tema é um dos itens mais debatidos na atualidade, até porque os problemas ambientais têm levantado questões sobre os modelos de produção e de consumo da sociedade, que devem ser modificados para não tornar irremediável a situação do planeta, uma vez que os recursos naturais ao contrário do que muitos pensam são finitos e a forma predatória que o ser humano se utiliza deste bem tem levado ao fim de alguns recursos naturais, principalmente a água.

Outro ponto a ser destacado na agricultura é a produção de vegetais. Em pequenas propriedades o que é mais incentivada é a agricultura da enxada, que utiliza menos agrotóxicos e fertilizantes, agredindo menos o meio ambiente. Mas os novos sistemas agrícolas são mais agressivos, como destaca Dias (2008),

Estes sistemas de produção orientados para o mercado são altamente dependentes de técnicas agrícolas utilizadoras de insumos modernos externos à propriedade, tais como: sementes melhoradas, máquinas agrícolas, combustíveis fósseis, fertilizantes, agrotóxicos, etc. assim como, ocupam grandes extensões de terra, o que aumenta em muito o risco ambiental desta atividade, especialmente em relação à degradação, à contaminação e ao desequilíbrio destes agroecossistemas. (DIAS, 2008, p. 21).

E os principais impactos no meio ambiente destas produção em alta escala são:

- Redução da diversidade de espécies;
- Erosão, compactação, redução da fertilidade dos solos, com salinização e desertificação de áreas;
- Contaminação dos solos, ar, água, fauna e flora por agrotóxicos e fertilizantes;
- Aumento da velocidade do vento, devido ao desmatamento;
- Contaminação do agricultor devido a utilização incorreta de agrotóxicos.

A erosão dos solos afeta diretamente os rios com o aporte de sedimentos, cheios de nutrientes, provocando a eutrofização, o assoreamento do mesmo, bem como a contaminação por resíduos químicos.

A utilização agrotóxica também afeta diretamente o ecossistema. A Lei Federal n.º 7.802 de 11 de julho de 1989, em seu artigo 2º, conceitua o que é agrotóxico:

os produtos e os agentes do processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;

b) substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

II - componentes: os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins.

A contaminação do solo e da água é provocada quando a atividade agropecuária utiliza intensamente os agrotóxicos. Por isso a legislação deve realmente apresentar os conceitos e os aspectos da utilização das embalagens, e tem como função primordial de acondicionar e proteger os produtos, proporcionando a adequada distribuição, conservação e relacionamento com o meio ambiente, prevenindo os impactos antes que eles aconteçam ou minimizando quando não for possível evitá-los.

A presença de agrotóxicos nos sistemas hídricos é comum principalmente nos sistemas hídricos próximos de regiões agrícolas intensivas na utilização de agrotóxicos. E piora a situação quando o terreno não conta com cobertura vegetal ou quando a plantaçao está nas fases iniciais de crescimento, existe uma maior probabilidade de contaminação dos sistemas hídricos subterrâneos. E ainda o deflúvio superficial e o transporte de agrotóxicos pelo ar atmosférico seriam possíveis fontes de contaminação dos sistemas hídricos superficiais.

Ainda de acordo com Veiga (2006), existem alguns passos para diminuir a possível contaminação por agrotóxicos, que são destacadas a seguir: Proteção das fontes de água subterrâneas e superficiais; gestão e manuseio dos agrotóxicos em

áreas de produção rural; regulação estatal; educação ambiental; e adoção de práticas que minimizem os danos ao meio ambiente e a saúde humana.

Só que o mais importante seria que os agricultores pudessem passar por um processo educacional e mudassem a consciência com relação à aplicação, manuseio, descarte do agrotóxico. Também deveriam ser estimuladas atividades mais sustentáveis de agricultura.

De acordo com Rodrigues (org.) (2006), os problemas que são oriundos da geração de resíduos, não serão resolvidos, simplesmente por meio da física, química ou bioquímica, eles também serão resolvidos a partir da ótica comportamental. Por isso é necessário mudar comportamentos, ter uma atitude educativa, até porque a ação educacional é processual e é um passo importante para desenvolver o planejar, implantar, operar e monitorar as novas tecnologias que devem ser adotadas para o gerenciamento de resíduos que são expostos no meio ambiente. Para que isso aconteça, é primordial a participação dos profissionais de todas as áreas, independentemente do cargo ou grau de responsabilidade, ou seja, o processo de preservação ambiental é interdisciplinar.

Em qualquer dos métodos utilizados, a seleção dos parâmetros físico-químicos ou biológicos de qualidade de água deverá levar em conta os usos previstos para o corpo d'água e as fontes de poluição existentes na sua área de drenagem. A combinação destes parâmetros possibilita a utilização de índices que podem representar a situação de determinado corpo d'água de forma confiável (DERISIO, 1992).

Segundo MAGALHÃES JÚNIOR (2000), o monitoramento deve ser visto como um processo essencial à implantação dos instrumentos de gestão das águas, já que permite a obtenção de informações estratégicas, acompanhamentos das medidas efetivas, atualização do banco de dados e atualização das decisões. Este mesmo autor relata a importância de ser ter um banco de dados como instrumento de gestão, sob pena de tentar-se gerenciar o que não se conhece.

Em termos do processo de implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, a simulação da qualidade da água deve ser entendida como uma importante etapa de apoio. Nesse contexto, um modelo matemático de qualidade da água é uma ferramenta metodológica básica, pois permite identificar o

comportamento atual da dinâmica de diferentes constituintes no corpo hídrico, bem como avaliar os diferentes impactos em termos de melhoria de qualidade ambiental (Porto *et al.*,2007).

O monitoramento qualitativo é uma ferramenta muito importante para ciência da real situação de um corpo d'água, fator que é muito importante na gestão integrada dos recursos hídricos e com isso permite acompanhar a evolução das condições da qualidade das águas com o decorrer do tempo. Tal acompanhamento tem como consequência final a geração de dados em um certo espaço delimitado de tempo, chamados de séries temporais. Esses espaços de tempo, bem como frequências de eventos terá um papel estratégico nas demais etapas desse estudo, como modelagem matemática, que depende diretamente desses dados para uma melhor simulação de cenários.

Neste caso a mensuração da qualidade da água feita de maneira constante permitindo desta forma um imediato reconhecimento de alterações instantâneas. As características de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica de drenagem e o objetivo do projeto são aspectos importantes a serem considerados na escolha das variáveis a serem monitoradas.

A relevância e a significância dos resultados obtidos através do monitoramento de qualidade, apenas poderão ser analisados levando em consideração o monitoramento hidrológico de quantidade. A partir das variáveis meteorológicas e hidrológicas, em conjunto com a qualidade da água, além do tipo, disponibilidade, uso e ocupação do solo serão realizadas simulações, baseadas em Sistemas de Suporte a Decisões (SSD), que tem por objetivo ajudar indivíduos que tomam decisões na solução de problemas não estruturados (ou parcialmente estruturados).

3. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Sérgio Silva de. Percepção e conflitos sócio-ambientais relacionados ao uso da água na bacia hidrográfica do rio Japaratuba-SE. In: AGUIAR NETTO, Antenor Oliveira de Aguiar. MATOS, Eduardo Lima de. (org) **Distintos Olhares dos rios Sergipanos**. Editora UFS, São Cristóvão, 2012

_____. **Educação ambiental**: o construto de praticas pedagógicas consolidadas. Aracaju: Criação, 2010

ARAÚJO, Hélio Mário de. SANTOS, Núbia Dias dos. **Temas de geografia contemporânea**: teoria, método e aplicações. São Cristóvão: Editora UFS; Aracaju: Fundação Oviêdo Teixeira, 2010.

ARAÚJO, José Carlos. SANTAELLA, Sandra Tédde. Gestão da Qualidade. In: CAMPOS, Nilson. STUDART, Ticiana. **Gestão de águas**: princípios e práticas. Porto Alegre: ABRG, 2001.

BRAGA, Benedito. FLECHA, Rodrigo. PENA, Dilma S. KELMAM, Jerson. A reforma institucional do setor de recursos hídricos. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha, BRAGA, Benedito, TUNDISI, Galizia. (org) **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006

BRASIL. **Lei Nº 9.984, de 17 de Julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Água - ANA Câmara dos Deputados. Brasília, DF, 2000

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n.º 357**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: 2005. Diário Oficial da União, 17 de março 2005.

BRASIL. MMA/CONAMA. **Resolução no. 01/1986**.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de Julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Brasília: Diário Oficial da União, 1989.

CARVALHO, Isabel Cristina de Moura. **Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo-SP: Cortez, 2004.

CLARKE, Robin. KING, Janet. **O atlas da água**. São Paulo: Publifolha, 2005

CUNHA, Cledinilson de Jesus. HOLANDA, Francisco Sandro. **A região estuarina do rio São Francisco numa perspectiva agroecossistêmica**. São Cristóvão: Editora UFS, Fundação Oviêdo Teixeira, 2010.

DIAS, Genebaldo Freire. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. São Paulo-SP: Gaia, 2003.

DIAS, Marilza do Carmo Oliveira. (coord). **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas**. 2ª ed. Fortaleza: Banco do Nordeste. 2008

ELOI, Waleska Martins. BARRETO, Francisco Maurício de Sá. Qualidade microbiológica da Água. In: DIAS, Nildo da. SILVA, Márcia Regina Farias da. GHEYI, HANS Raj. **Recursos hídricos: usos e manejos**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

JACOBI, Pedro. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade**. *Cad. Pesqui.* [online]. mar. 2003, no.118, p.189-206.

KNAPIK, H. G. **Reflexões sobre monitoramento, modelagem e calibração na gestão de recursos hídricos**: Estudo de caso da qualidade da água da bacia do Alto Iguçu. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

LACERDA, Alecksandra Vieira de. **A semi-aridez e a gestão em Bacias Hidrográficas**: visões e trilhas de um divisor de idéias. João Pessoa: Autor Associado. UFPB, 2003.

MACEDO, R. L. G; VENTURIN, N. e TSUKAMOTO FILHO, A. de A. **Princípios de Agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável**. Informe Agropecuário. Belo Horizonte: v. 21, n. 202, p. 93-98, jan/fev, 2000.

MAGALHÃES JR., A. P. **Indicadores Ambientais e Recursos Hídricos: realidades e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

PINTO, J. E. S de S; AGUIAR NETTO, A. O. **Clima, geografia e agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar**. 1. ed. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2008

REBOUÇAS, Aldo da Cunha, BRAGA, Benedito, TUNDISI, Galizia. (org) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006

RODRIGUES, Isabelle. RODRIGUES, Thalita Paulino Thó. FARIAS, Maria Sallydelândia Sobral de. ARAÚJO, Aline de Farias. **Diagnóstico dos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas na margem do Rio Sanhauá e Paraíba**. Centro Científico Conhecer - Enciclopédia Biosfera, Goiânia, vol.5, n.8, 2009

SALATI, Eneas. LEMOS, Haroldo Mattos de. SALATI, Eneida. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha, BRAGA, Benedito, TUNDISI, Galizia.

(org) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006

SANTOS, Antônio Carlos dos. **Filosofia & natureza: debates, embates e conexões.** São Cristóvão, SE: Editora da UFS, 2010.

SCOTTO, Gabriela. **Desenvolvimento sustentável.** 5 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2010

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento, da Ciência e da Tecnologia. **ATLAS DIGITAL SOBRE RECURSOS HÍDRICOS SERGIPE.** SEPLANTEC/SRH. Sergipe, 2004.

SERGIPE. Secretaria do Planejamento e da Ciência e Tecnologia – SEPLANTEC. Superintendência de Recursos Hídricos – SRH. **Política estadual de recursos hídricos: legislação,** 2000.

SILVA, Márcia Regina Farias da. DIAS, Nildo da. JUNIOR FIGUEIREDO, Luís Gonzaga Medeiros de. **Água: Recurso natural finito.** In: DIAS, Nildo da. SILVA, Márcia Regina Farias da. GHEYI, Hans Raj. **Recursos hídricos: usos e manejos.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e a bacia hidrográfica. In: TUCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS:ABRH, 4ª ed., 2009.

TELLES, Dirceu D'Alkmin. DOMINGUES, Antônio Félix. **Água na agricultura e pecuária.** In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha. **Água doce no mundo e no Brasil.** In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha, BRAGA, Benedito, TUNDISI, Galizia. (org) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3 ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006

TUNDISI, José Galizia. **Recursos hídricos no futuro: problemas sociais.** Estudos avançados, 22, 2008.

_____. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez.** Editora RiMa, IIE. 2004

TUCCI, Carlos E. M. (org). **Gestão da água no Brasil.** Brasília: UNESCO, 2001.

_____. **Modelos hidrológicos.** Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1998.

VEIGA, Marcelo Motta Veiga. VEIGA, Dalton Marcondes Silva, VEIGA, Lilian Bechara Elabras. FARIA, Mauro Velho de Castro. **Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 22(11): 2391-2399, nov, 2006.

VIEGAS, Eduardo Coral. **Gestão da água e princípios ambientais**. 2 ed. Caxias do Sul, RS: Educs, 2012.

QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SIRIRI

MACHADO, C. A. **Qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Siriri**. 2013. 21p. (Dissertação de mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão – SE.

RESUMO

A qualidade da água depende das condições naturais e uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica e o seu conhecimento é fundamental no processo de gestão dos recursos hídricos. O rio Siriri é afluente da bacia hidrográfica do rio Japarutuba é uma importante fonte de água para abastecimento humano e irrigação, tendo como principais afluentes os rios Siriri Vivo e Morto. Desta forma, este estudo tem o objetivo analisar através de parâmetros físico-químicos a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Siriri e sua variação sazonal. O monitoramento foi realizado em 7 campanhas de amostras entre fevereiro de 2010 a novembro de 2011, sendo avaliados os parâmetros: temperatura, pH, condutividade elétrica, cor, sólidos totais dissolvidos, dureza, oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito, nitrogênio total, fosfato, fósforo total e clorofila-a. O rio Siriri Vivo apresenta uma boa qualidade da água ao contrário do rio Siriri Morto, que apresenta indicativo de estado eutrofização.

Palavras-chave: monitoramento, bacia hidrográfica, recursos hídricos.

MACHADO, C. A. 2013. **Water quality in the river basin Siriri**. 21 p. (Dissertation on Environment and Development). Federal University of Sergipe. São Cristóvão – SE

ABSTRACT

Water quality depends on natural conditions and use and occupation of the watershed and its knowledge is essential in the management process of recursoro water. The river is a tributary of Siriri river basin Japaratuba is an important source of water for human consumption and irrigation, and its main tributaries and rivers Siriri Vivo and Morto. Thus, this study aims to analyze through physico-chemical parameters of water quality in river basin Siriri and its seasonal variation. The monitoring was performed in 7 samples campaigns between February 2010 to November 2011, with the following parameters: temperature, pH, electrical conductivity, color, total dissolved solids, hardness, dissolved oxygen, ammonia, nitrate, nitrite, total nitrogen, phosphate, total phosphorus and chlorophyll-a. The river Siriri Vivo shows good water quality unlike Siriri Morto River, which has been indicative of eutrophication.

Keywords: monitoring, watershed, water resources.

1. INTRODUÇÃO

O uso indiscriminado dos recursos hídricos ocasionou a situações de poluição e contaminação dos mananciais, o que causa redução desse recurso, caracterizando-se em muitas situações como escassez hídrica.

A escassez hídrica apresenta-se em dois aspectos, quantitativo e qualitativo. Em relação ao primeiro, a demanda é superior à disponibilidade hídrica temporal e espacial, não sendo, portanto, suficiente para as necessidades relativas ao crescimento populacional, desenvolvimento econômico e tecnológico, agravando-se com o uso irracional e condições climáticas desfavoráveis em algumas regiões, como o Nordeste brasileiro (AGUIAR NETTO et al., 2012).

Dessa forma, a demanda crescente de água para os usos múltiplos, torna a gestão dos recursos hídricos imprescindível para atender as necessidades dos usuários. A gestão da água implica em conhecer a disponibilidade hídrica temporal e espacialmente, contudo antes de propor estratégias de melhoria para a gestão dos recursos hídricos é necessário avaliar a qualidade da água de diferentes áreas de uma bacia hidrográfica (SONG et al. 2011).

O conhecimento sobre o comportamento das características químicas, físicas e biológicas dos corpos hídricos são necessários, uma vez que para o processo de gestão das bacias hidrográficas, as informações são fundamentais para a elaboração de planos e políticas que possam garantir o fornecimento de água, atendendo de forma adequada aos múltiplos usos (AGUIAR NETTO et al., 2012).

A qualidade da água de rios e lagos está relacionada com as características físicas, químicas e biológicas intrínsecas de cada bacia hidrográfica. A configuração do espaço físico e a forma de ocupação humana provocam alterações na dinâmica de nutrientes e matéria orgânica que atingem o corpo hídrico, fatores esses que influenciam diretamente todo o ecossistema (KNAPIK, 2005). Nesse sentido programas de monitoramento são essenciais para o conhecimento sobre a dinâmica e comportamento hidrológico e da qualidade da água de uma bacia hidrográfica.

O monitoramento deve ser visto como um processo essencial à implantação dos instrumentos de gestão das águas, já que permite a obtenção de informações

estratégicas, acompanhamentos das medidas efetivas, atualização do banco de dados e atualização das decisões. Os bancos de dados são importantes instrumentos de gestão, pois sem eles corre-se o risco de gerenciar o que não se conhece (MAGALHÃES JÚNIOR, 2000).

A seleção dos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade de água em um programa de monitoramento deverá levar em conta os usos previstos para o corpo d'água e as fontes de poluição existentes na sua área de drenagem. A combinação destes parâmetros possibilita a utilização de índices que podem representar a situação de determinado corpo d'água de forma confiável (DERÍSIO, 1992).

Para tanto, a Resolução de Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, definiu parâmetros que estabelecem limites aceitáveis de substâncias estranhas, considerando os diferentes usos da água. Os corpos d'água são classificados em 13 classes sendo cinco classes de água doce, com salinidade inferior a 0,5%, quatro salobras, salinidade entre 0,5 e 30%, e quatro classes salinas, salinidade superior a 30% (BRASIL, 2005).

Contudo, para ser considerada adequada para consumo humano, a água deve ser potável. Assim, a Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, regulamentada pelo Ministério da Saúde, estabelece os padrões de potabilidade, ou seja, regulamenta os valores máximos permitidos (VMP) de um conjunto de parâmetros que definem as características físicas, químicas e biológicas que a água deve apresentar (BRASIL, 2004).

Nesse sentido, na bacia hidrográfica do rio Siriri foi implantada uma bacia escola, por meio do Projeto Preservando Nascentes e Municípios (parceria entre o Governo do Estado, Universidade Federal de Sergipe e Sociedade Semear), permitindo o estudo da qualidade da água dessas bacias, além de estudos sobre os efeitos das mudanças culturais nos processos hidrológicos, tais como desmatamento e/ou modificação no uso do solo, uma vez que estes envolvem uma mudança antrópica de uma ou mais características da bacia hidrográfica.

Sergipe é o menor estado da federação, mas possui uma densa malha hidrográfica, composta entretanto, de pequenos rios, à exceção do rio São Francisco, intermitentes e irregulares, com nascentes e grande parte dos cursos médios, insuficientes para o suprimento permanente. No litoral, a influência das marés penetra vários quilômetros, resultando num imenso volume de água com elevado grau salino. Essas condições delimitam a carência e importância dos recursos hídricos em Sergipe, que se encontra no limiar do alerta em relação ao abastecimento de água (AGUIAR NETTO et al. 2010).

A bacia hidrográfica do rio Japaratuba é uma das menores de Sergipe, apesar disso é muito importante para o estado devido a mesma ser caracterizada pela exploração da indústria de petróleo. Esta unidade de planejamento apresenta inúmeros problemas de degradação ambiental: exploração de argila, despejos de esgotos domésticos e industriais diretamente nos corpos d'água, desmatamentos, retirada de água em excesso para produção de petróleo (ARAÚJO e AGUIAR NETTO, 2010), acarretando degradação dos mananciais.

O rio Siriri é afluente da bacia hidrográfica do rio Japaratuba e uma importante fonte de água para abastecimento humano e irrigação, neste sentido este trabalho teve como objetivo analisar através de parâmetros físico-químicos a qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Siriri e sua variação sazonal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Siriri (Fig. 1) faz parte da bacia hidrográfica do rio Japaratuba e localiza-se entre as coordenadas 10°11' e 10°49' latitude sul e 36°41' e 37°26' longitude oeste, apresentando uma área total de 433,85 km². Seu afluente principal nasce no município de Nossa Senhora das Dores - SE, e sua área de drenagem se estende pelos municípios de Capela, Carmópolis, Divina Pastora, General Maynard, Maruim, Rosário do Catete, Santo Amaro das Brotas, Siriri, e Japaratuba.

O rio Siriri se compõe de vários tributários, mas é formado de modo consistente após a junção dos rios Siriri Vivo, Siriri Morto e Sangradouro, abastecendo integralmente o município de Nossa Senhora das Dores-SE, que possui uma população de 24.579 habitantes. De acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA, o rio Siriri é enquadrado como rio de água doce classe 3 (SERGIPE, 2009).

Segundo a classificação Köppen-Geiger, esses municípios são caracterizados por um clima tropical chuvoso com verão seco (As') onde a temperatura média anual é de 25°C, com o período chuvoso concentrado entre os meses de março e agosto, com pluviosidade média anual de 1.400 mm (SERGIPE, 2000).

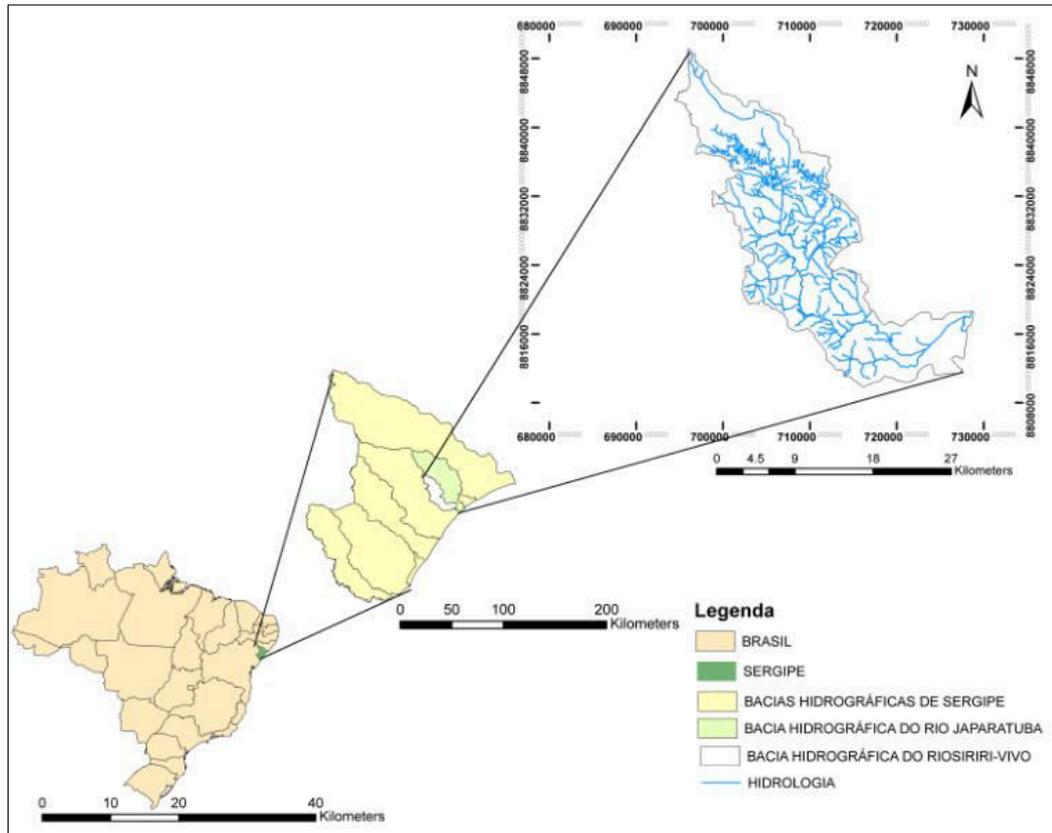


Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Siriri, no Brasil e em Sergipe

Os solos predominantes da região são os Argissolos. O relevo caracteriza-se pela presença de planícies litorâneas, tabuleiro costeiro, planície fluvial e feições dissecadas de colinas, cristas e interflúvios tabulares (SERGIPE, 2000). Predomina na região a vegetação caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual de acordo com a classificação de Veloso et al. (1991)

A sub-bacia do Rio Siriri encontra-se num contexto geológico dominado por rochas da Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas e de Coberturas Recentes. A bacia do Siriri está inserida em dois domínios hidrogeológicos: o poroso e o fraturadocárstico. O primeiro corresponde às rochas da Bacia Sedimentar de Sergipe, a Formação Barreiras e os sedimentos de praia e aluvião. O segundo inclui as formações Riachuelo e Cotinguiba (Grupo Sergipe), que apesar de estarem inseridas na Bacia Sedimentar de Sergipe, são constituídas basicamente por rochas calcárias, que apresentam comportamento hidrogeológico distinto dos demais sedimentos, daí a sua inclusão no domínio fraturadocárstico (BRASIL, 2005).

Os usos do solo na bacia do rio Siriri são indicados na Tabela 1, sendo que os principais usos são pastagem, 42.83%, cultivos agrícolas/solos expostos, 34.52% e área de floresta, 13.78% (SERGIPE, 2009).

Tabela 1: Usos do solo na bacia hidrográfica do rio Siriri

Uso do solo	Área (ha)	Área (%)
Associação de caatinga/cultivos/pastagem	13.05	0.03
Corpos d'água	71.69	0.17
Cultivos agrícolas/solos expostos	14923.83	34.52
Floresta estacional	5958.28	13.78
Floresta ombrófila	1262.3	2.92
Manguezal	4.92	0.01
Mata ciliar	1328.15	3.07
Pastagem	18513.72	42.83
Povoado/distritos	176.13	0.41
Sede municipal	386.24	0.89
Vegetação de restinga	27.13	0.06
Área degradada	268.19	0.62

O déficit hídrico das cidades concentra-se entre os meses e setembro a março, estando seus picos nos meses de dezembro e janeiro. Já o período chuvoso ocorre entre os meses de maio e julho, sendo que a maior precipitação média mensal (203,5 mm) observada ocorre no mês de maio (AGUIAR NETTO et al., 2009).

2.2. Monitoramento da qualidade da água

O monitoramento foi realizado em sete campanhas trimestrais de amostragem, no período de fevereiro de 2010 a novembro de 2011 (Tab. 2) em 7 estações distribuídas ao longo da bacia hidrográfica do rio Siriri (Fig. 2). As estações SM1 e SM2 estão localizadas no rio Siriri Morto e SV1 e SV2 estão localizadas no rio Siriri Vivo (Tab. 3).

Tabela 2: Datas das campanhas para monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Siriri

Campanha	Data	Período
1	09 e 10 de Fevereiro de 2010	seco
2	18 e 19 de Maio de 2010	chuvoso
3	16 e 17 de Agosto de 2010	chuvoso
4	15 de Novembro de 2010	seco
5	16 de Fevereiro de 2011	seco
6	05 de Julho de 2011	chuvoso
7	22 de Novembro de 2011	seco

As amostras de água foram coletadas na camada de superfície utilizando garrafa de Van Dorn, em seguida, as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 1 L e mantidos em caixa de isopor com gelo, para conservação em baixa temperatura e proteção contra a luz até chegarem ao laboratório. No momento da coleta, foi determinada a temperatura do ar e da água, em seguida as amostras foram encaminhadas para o laboratório de Química Ambiental da Universidade Federal de Sergipe para posterior análise. Todos os procedimentos de coleta, conservação e análise dos parâmetros obedeceram às metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

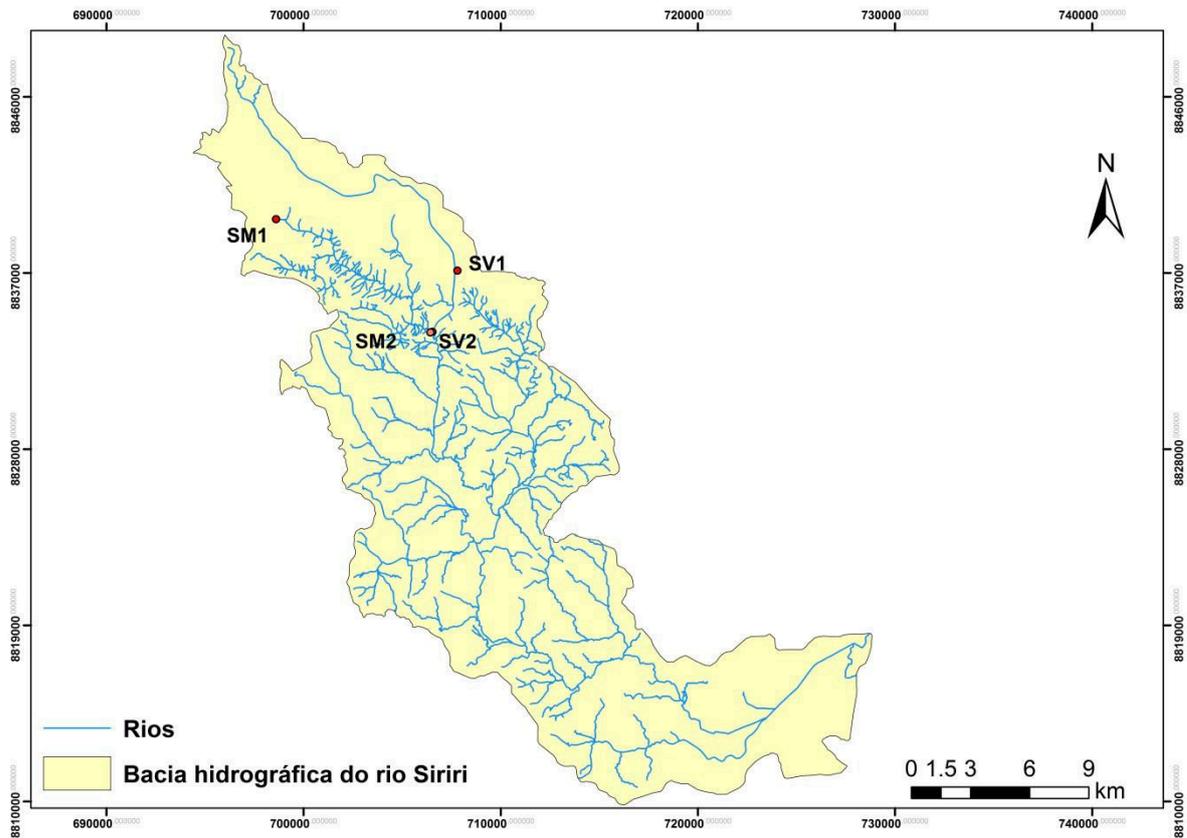


Figura 2: Localização das estações de coleta de água na bacia hidrográfica do rio Siriri.

Tabela 3: Descrição das estações de amostragem da água na bacia hidrográfica do rio Poxim

Estações	Descrição	Latitude	Longitude
SM1	Rio Siriri Morto, no açude da cidade de Nossa Senhora das Dores	698606	8839744
SM2	Rio Siriri Morto, antes da confluência com o Rio Siriri Vivo, próximo a estação de captação da DESO	706432	8833961
SV1	Rio Siriri Vivo, no povoado Mata do Cipó	707803	8837112
SV2	Rio Siriri Vivo, antes da confluência com o Rio Siriri Morto, na estação de captação da DESO	706536	8833986

As amostras tomadas em cada estação foram assim distribuídas:

Fração 1: Destinada a determinação do oxigênio dissolvido (OD). As amostras foram tomadas em frascos de DBO. Depois de encher o frasco com o devido cuidado para evitar formação de bolhas, adicionou-se 1 mL da solução de sulfato de manganês e 1 mL da solução de iodeto alcalino, agitando-se em seguida para homogeneizar. Os frascos foram guardados em maletas, protegidos da luz, para posterior determinação do OD no laboratório.

Fração 2: Destinada à determinação das variáveis gerais (pH, condutividade, cor, dureza, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade, dureza), nutrientes (nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fosfato). Em cada estação foram coletados 2 litros de água em frascos plásticos previamente descontaminados e depois armazenados em isopor com gelo até chegar ao laboratório.

Fração 3: Destinada a determinação da clorofila-a . As amostras foram tomadas em frascos plásticos escuros de 1,5 L mantidas ao abrigo da luz até chegar ao laboratório.

As metodologias utilizadas para a quantificação das variáveis químicas, físicas e biológicas da água constam na Tabela 4.

Tabela 4: Variáveis, métodos e referências utilizados para a caracterização da qualidade da água do rio Siriri

Variáveis	Metodologia	Método
pH	Método eletrométrico	4500 H
Condutividade	Método condutométrico	2510 B
Cor	Método espectrofotométrico	2120 B
Dureza	Titulação com EDTA	2340 C
Sólidos totais dissolvidos	Gravimétrico	2540 C
Oxigênio dissolvido	Método da azida modificado	4500-O C
N - Nitrato	Método da redução com Cd	4500-NO ₃ E
N – Nitrito	Método colorimétrico	4500-NO ₂ B
N – Amoniacal	Método do indofenol	4500-NH ₃ F
N total	Digestão com persulfato + redução com Cd	4500-NO ₃ E
Fosfato	Método do ácido ascórbico	4500-P E
Fósforo total	Digestão com persulfato + método do ácido ascórbico	4500-P E
Clorofila-a	Determinação espectrofotométrica	10200 H

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os descritores estatísticos calculados para as variáveis da qualidade da água do rio Siriri estão representados na Tabela 5, enquanto na Tabela 6 é apresentada a matriz de correlação entre os parâmetros analisados. Variáveis com $r > 0.7$ apresentam correlações fortes e $0.5 < r < 0.7$, mostram correlações moderadas em nível de significância $p < 0.05$.

Os valores de temperatura variaram entre e 23°C e 30°C (Tab. 5), sendo que a temperatura máxima foi verificada nas estações SM1 e SM2. Já a estação SV1 apresentou os menores valores de temperatura, uma vez que esta situada em área de mata, impedindo a incidência direta da radiação solar, que tem influência direta sobre a temperatura dos corpos d'água. A temperatura média mais elevada em SM1 pode ser explicada pelo fato desta estação ser caracterizada como um ambiente lântico.

A temperatura dos corpos d'água tem influência direta na solubilidade do oxigênio dissolvido e no pH. Na Tabela 6 pode-se observar que, a temperatura apresentou correlações significativas com o pH e o oxigênio dissolvido. O aumento da temperatura tem o efeito de elevar o pH, pois a correlação foi positiva. Entre a temperatura e oxigênio dissolvido, a correlação foi negativa, assim com aumento da temperatura a concentração de oxigênio dissolvido é reduzida.

Tabela 5: Descritores estatísticos para as variáveis de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Siriri/SE

Estações	SM1			SM2			SV1			SV2		
	Máxim o	Mínim o	Média									
T _{água} (°C)	30.00	28.00	28.71	30.00	25.00	27.86	28.00	26.00	26.86	29.00	23.00	26.43
pH	8.84	6.91	7.63	7.61	6.36	6.85	6.85	5.15	5.66	7.32	5.26	6.18
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	730.00	312.00	477.6 0	324.00	136.00	205.7 7	305.00	109.00	177.0 7	250.00	114.00	157.2 4
Cor (mg Pt L ⁻¹)	73.12	39.44	55.33	67.20	1.30	36.18	36.29	0.93	8.95	43.51	0.38	12.20
STD (mg L ⁻¹)	358.00	48.00	186.9 0	160.00	22.00	74.86	187.00	19.00	81.57	123.00	22.00	70.00
OD (mg L ⁻¹)	13.19	4.84	8.00	7.48	4.10	6.32	7.89	5.42	6.84	9.16	4.98	7.11
Dur (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	223.44	68.60	154.8 4	188.65	29.40	94.85	98.00	25.48	54.74	68.60	27.44	39.48
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	1.52	0.41	0.83	1.36	0.09	0.60	0.87	0.41	0.64	0.40	0.01	0.21
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	11.11	0.17	3.33	2.54	0.23	1.59	11.05	0.34	4.70	6.86	0.60	3.67
P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	0.25	0.00	0.09	0.23	0.00	0.05	0.06	0.00	0.03	0.25	0.00	0.06
N _{total} (mg L ⁻¹)	44.24	2.68	13.12	7.29	1.22	3.10	11.96	1.98	6.78	8.45	2.12	5.46

P_{total}(mg L⁻¹)	0.10	0.00	0.02	0.29	0.00	0.10	0.08	0.00	0.05	0.03	0.00	0.02
Chl-a (µg L⁻¹)	110.50	0.90	34.86	22.96	1.22	6.87	9.80	1.78	3.42	6.42	0.00	2.34

T_{água}: temperatura da água; CE = condutividade elétrica; STD = sólidos totais dissolvidos; OD = oxigênio dissolvido; Dur = dureza; Chl-a = clorofila-a.

Com relação aos valores de pH encontrados, o máximo foi de 8.84 e o mínimo de 5.15 (Tab. 5). Como a Resolução nº 357 do CONAMA, estabelece uma faixa de 6.0 a 9.0, para a classe 3, as estações SV1 e SV2 apresentaram amostras com valores inferiores ao mínimo para esta classe (Fig. 3), onde 71,4 % e 28,6 % das amostras, respectivamente, abaixo do estabelecido pela Resolução.

Tabela 6: Matriz de correlação dos parâmetros de qualidade de água no rio Siriri no período de fevereiro de 2010 a novembro de 2011

Parâmetro	T _{água}	pH	CE	Cor	STD	OD	Dureza	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-PO ₄ ³⁻	N _{total}	P _{total}	Chl a
T_{água}	1.00												
pH	0.71	1.00											
CE	0.29	0.60	1.00										
Cor	0.85	0.52	0.43	1.00									
STD	0.29	0.57	1.00	0.47	1.00								
OD	0.55	0.07	0.41	0.55	0.38	1.00							
Dureza	0.45	0.72	0.86	0.56	0.87	0.15	1.00						
N-NH₄⁺	0.34	0.56	0.90	0.45	0.88	0.40	0.67	1.00					
N-NO₃⁻	0.27	0.32	0.39	0.42	0.34	0.60	-0.36	-0.20	1.00				
P-PO₄³⁻	0.26	0.39	0.40	0.37	0.42	0.12	0.73	0.24	-0.14	1.00			
N_{total}	0.11	0.14	0.71	0.29	0.71	0.41	0.30	0.79	-0.10	-0.14	1.00		
P_{total}	0.29	0.29	0.01	0.17	0.01	0.29	0.05	0.09	-0.33	-0.23	0.09	1.00	
Chl a	0.07	0.42	0.42	0.04	0.37	0.43	0.22	0.69	-0.36	-0.10	0.41	0.38	1.00

T_{água}: temperatura da água; CE = condutividade elétrica; STD = sólidos totais dissolvidos; OD = oxigênio dissolvido; Dur = dureza; Chl-a = clorofila-a

Os rios brasileiros tendem a apresentar caráter de neutro a ácido. Às águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. Às vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Naturalmente, nesses casos, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre (MAIER, 1987).

De modo geral, as águas estações SM2, SV1 e SV2 apresentam, em média, caráter de leve a moderadamente ácido, enquanto as águas da estação SM1, são caracterizadas como alcalinas, tanto no período chuvoso, quanto no período seco

(Fig. 3). Segundo Maier (1983) ambientes lóticos, como é o caso das estações SM2, SV1 e SV2, caracterizam-se por apresentarem valores de pH variando do neutro ao levemente ácido. Observa-se ainda que o pH nos locais analisados não é influenciado pela precipitação e que existe uma tendência de aumento do pH do SV1 ao SV2, e a redução do pH do SM1 ao SM2.

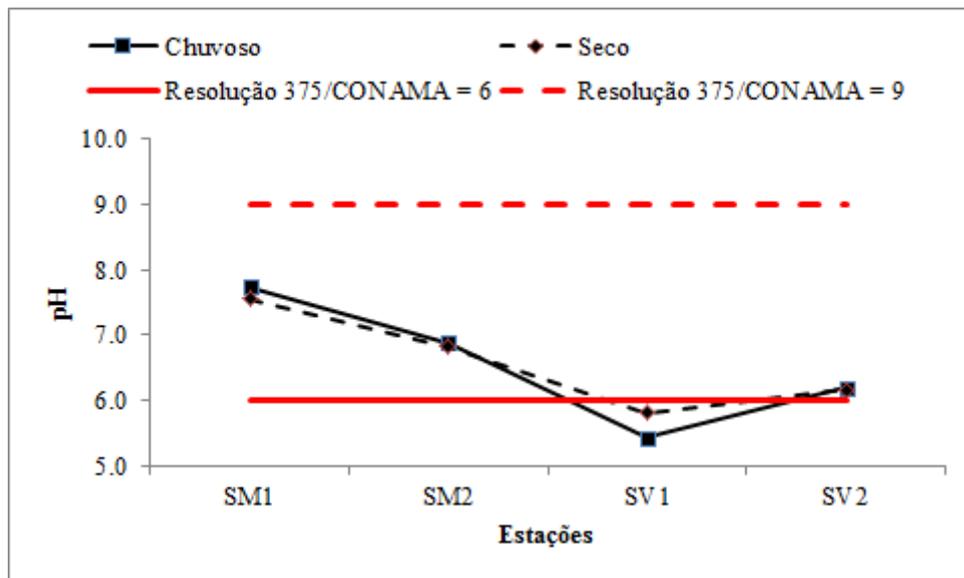


Figura 3: Variação sazonal de pH em comparação com a Resolução 357/CONAMA para classe 1 de águas doces para a bacia hidrográfica do Siriri no período de fevereiro de 2010 a novembro de 2011

A principal causa da dureza é presença de sais de cálcio e magnésio, contudo, íons polivalentes como ferro, alumínio, manganês e zinco também podem contribuir com a dureza (ALVES et al., 2007, VON SPERLING, 2006). Os valores para a dureza variaram entre 223.44 e 25.48 mg.L⁻¹ de CaCO₃, com os valores médios mais elevados correspondendo ao rio Siriri Morto 154.85 e 94.85 mg.L⁻¹ de CaCO₃, para SM1 e SM2, respectivamente (Tab. 5). A água do rio Siriri Vivo quanto a dureza é caracterizada como mole (< 50 mg.L⁻¹ de CaCO₃), para a estação SV2, moderadamente dura para as estações SV1 e SM2 mole (50 a 150 mg.L⁻¹ de CaCO₃), enquanto a estação SM1 tem a água caracterizada como dura (150 a 300 mg.L⁻¹ de CaCO₃).

O parâmetro condutividade elétrica (CE) pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionada por lançamentos de efluentes industriais, domésticos, resíduos de

mineração, dentre outros. A condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os quais os mais frequentes são o H^+ e o OH^- (APHA, 2005).

Tabela 7: Descritores estatísticos sazonais para as variáveis de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Siriri/SE

Estações	Período Seco												Período Chuvoso											
	SM1			SM2			SV1			SV2			SM1			SM2			SV1			SV2		
	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med
T _{água} (°C)	30.00	28.00	28.75	29.00	26.00	27.50	28.00	26.00	26.50	29.00	23.00	26.00	29.00	28.00	28.67	30.00	25.00	28.33	28.00	26.00	27.33	28.00	25.00	27.00
pH	8.17	6.91	7.55	7.61	6.36	6.83	6.85	5.16	5.82	7.32	5.26	6.17	8.84	7.10	7.74	7.02	6.65	6.88	5.60	5.15	5.44	6.57	5.56	6.19
CE ($\mu\text{s cm}^{-1}$)	730.0	515.9	572.7	324.0	136.0	233.1	305.0	120.5	222.6	250.0	124.8	185.9	387.0	312.0	350.7	206.7	143.0	169.2	128.0	109.0	116.3	125.0	114.0	118.9
Cor (mg Pt L ⁻¹)	73.12	39.44	55.72	53.32	1.30	26.71	8.71	0.93	4.68	12.78	0.38	5.42	71.09	44.06	54.80	67.20	33.88	48.81	36.29	1.86	14.63	43.51	5.75	21.23
STD (mg L ⁻¹)	358.0	48.00	227.7	160.0	22.00	88.00	187.0	19.00	105.5	123.0	23.00	85.00	186.0	59.30	132.4	80.00	25.00	57.33	64.00	21.00	49.67	66.00	22.00	50.00
OD (mg L ⁻¹)	8.38	6.89	7.77	7.26	5.42	6.63	7.89	6.45	7.17	9.16	6.74	7.51	13.19	4.84	8.31	7.48	4.10	5.91	7.62	5.42	6.40	7.62	4.98	6.57
Dur (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	210.7	125.4	164.6	112.7	29.40	61.01	98.00	26.46	66.15	68.60	31.36	43.61	223.4	68.60	141.7	188.6	90.16	139.9	63.70	25.48	39.53	39.20	27.44	33.97
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	1.52	0.41	0.96	1.36	0.09	0.73	0.87	0.87	0.87	0.01	0.01	0.01	0.84	0.55	0.69	0.35	0.35	0.35	0.41	0.41	0.41	0.40	0.23	0.32
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	11.11	0.17	4.30	2.54	0.51	1.91	6.50	0.34	3.46	5.92	0.60	3.00	2.89	1.12	2.04	2.26	0.23	1.16	11.05	1.48	6.35	6.86	1.19	4.56
P-PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	0.18	0.00	0.06	0.23	0.00	0.08	0.06	0.00	0.04	0.25	0.00	0.10	0.25	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00
N _{total} (mg L ⁻¹)	44.24	9.36	17.08	7.29	1.22	3.10	7.99	4.32	4.50	8.13	3.34	3.80	4.48	2.68	3.46	2.60	1.44	2.10	11.96	1.98	7.50	8.45	2.12	5.87
P _{total} (mg L ⁻¹)	0.10	0.00	0.04	0.09	0.05	0.08	0.08	0.04	0.06	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.15	0.06	0.00	0.03	0.03	0.00	0.02
Chl-a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	63.10	6.56	31.88	3.87	1.22	2.87	9.80	1.99	4.80	2.10	0.00	1.34	110.5	0.90	37.84	22.96	3.86	10.86	2.55	1.78	2.04	6.42	1.62	3.34

Os valores de condutividade elétrica (CE) variaram entre 387.0 a 109.0 $\mu\text{S cm}^{-1}$ e 730 a 120.5 $\mu\text{S cm}^{-1}$, nos períodos chuvoso e seco respectivamente (Tab. 7). Já para os sólidos totais dissolvidos (STD) as concentrações variaram de 186.0 a 21.0 mg L^{-1} e 358.0 a 19.0 mg L^{-1} , nos períodos chuvoso e seco respectivamente (Tab. 6). A estação SM1 apresentou os valores mais elevados tanto para a condutividade elétrica, como para os sólidos totais dissolvidos. Com relação a Resolução 357/2005 do CONAMA os valores de STD mantiveram-se dentro do limite para a classe 3 de água doce para os sólidos totais dissolvidos (500 mg L^{-1}).

Observa-se que, ocorreu redução da CE no período chuvoso, explicada pelo aumento da vazão dos rios nesta estação, reduzindo assim a concentração dos sólidos dissolvidos, esta observação ainda é confirmada com a correlação entre essas variáveis, $r = 1$ (Tab. 6), ou seja, com redução dos STD há redução da CE (Fig. 4).

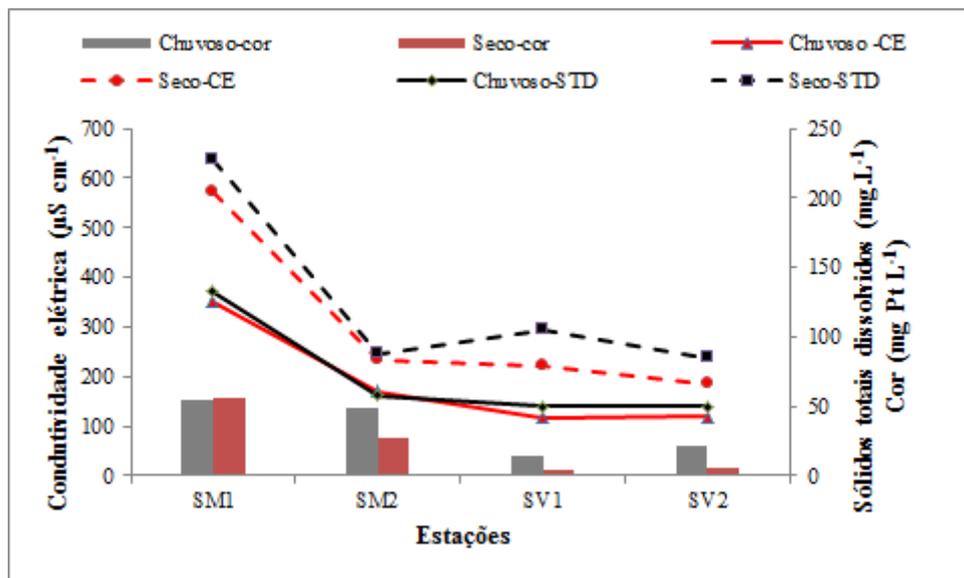


Figura 4: Variação sazonal para a condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD) e cor para a bacia hidrográfica do Siriri no período de fevereiro de 2010 a novembro de 2011

Foram observados para a cor valores que variaram entre 71.09 a 1.86 mg Pt L^{-1} e 73.12 a 0.38 mg Pt L^{-1} , nos períodos chuvoso e seco, respectivamente (Tab. 7) O aumento da cor no período chuvoso está associado ao aumento do aporte de material particulado e matéria orgânica no rio através do escoamento superficial (Fig. 4). Ressalta-se que em nenhuma amostra houve valores superiores ao

estabelecido pela Resolução 357/2005 do CONAMA para a cor referente às classes 2 e 3 de águas doces (75 mg Pt L^{-1}).

Os valores mais elevados para a cor ocorreram nas estações SM1 e SM2, tanto no período seco, como no chuvoso. Este fato está associado ao aporte de efluentes domésticos na estação SM1, que é um açude, ocasionando assim alteração da cor. Ressalta-se ainda que as margens desse açude estão completamente desprotegidas, o que favorece a entrada de material particulado. Como a estação SM2 está a jusante da estação SM1, todos os materiais presentes neste último ponto são transportados pela corrente de água.

De acordo com Farias (2006) as diferentes colorações das águas dos rios podem ser por influência de materiais como folhas e detritos orgânicos (água amarelada), vegetação densa (água escura ou negra). O mesmo autor ressalta que é preciso percorrer a margem do rio para saber se a sua coloração não é proveniente ainda de despejos industriais, como curtumes, tecelagens, tinturarias e esgotos domésticos.

O oxigênio dissolvido (OD) é um dos principais parâmetros indicadores da qualidade da água de um rio. É indispensável para os seres aeróbios e, em mananciais com aporte alto de matéria orgânica sua concentração tende a ser reduzida, pois o mesmo é utilizado na decomposição desta matéria orgânica, muitas vezes atingindo níveis próximos ou iguais a zero, comprometendo assim o ecossistema aquático. Para Farias (2006), um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta normalmente a concentração de OD de 8 a 10 mg L^{-1} .

Com relação ao parâmetro oxigênio dissolvido, as concentrações variaram entre 4.10 a 13.19 mg L^{-1} para o período de estudo, com uma concentração média variando entre 6.32 e 8.00 mg L^{-1} (Tab. 5). Nenhuma amostra apresentou concentrações inferiores as preconizadas pela Resolução 357/2005 do CONAMA (Fig. 5), para as águas doces classes 3 (4 mg L^{-1}).

A estação SM1 apresentou as maiores concentrações de OD, apesar de receber alta carga de efluentes domésticos de toda a cidade de Nossa Senhora das Dores. Como exposto anteriormente, esta estação apresentou também os maiores valores de pH. De acordo com Silva e Mendonça (1997) valores mais elevados de

pH são frequentes em corpos d'água durante períodos de elevada fotossíntese onde ocorre supersaturação, aumento da concentração de OD, sendo um indicativo do estado de eutrofização do corpo.

A estação SV2 é ponto de captação de água para abastecimento da DESO, e considerando o parâmetro OD, os valores encontrados indicam que a qualidade da água neste local é adequada para consumo, tanto para classes de água doce 2 e 3. A mesma análise aplica-se à estação SV1.

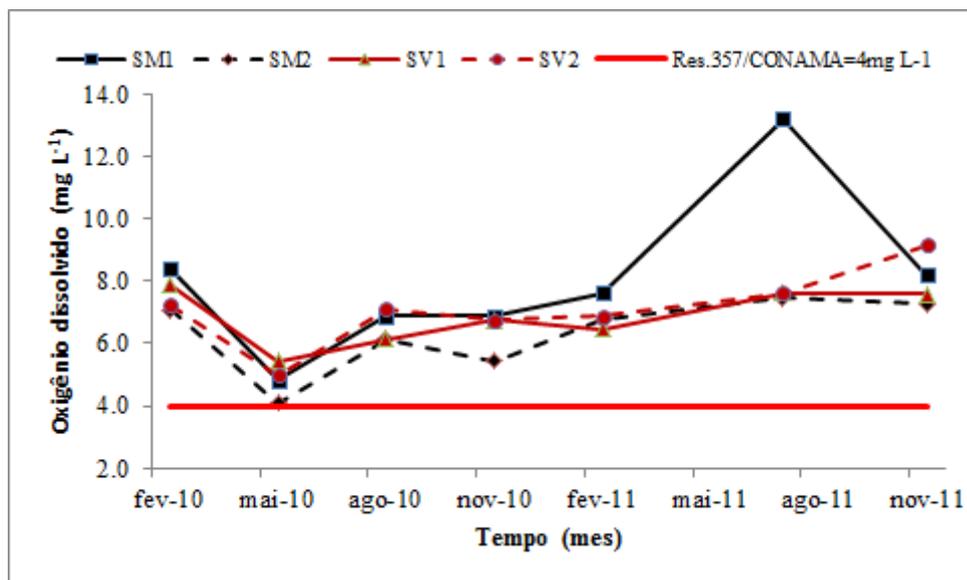


Figura 5: Concentrações de oxigênio dissolvido de acordo com a Resolução 357/CONAMA para classe 3 de águas doces para a bacia hidrográfica do rio Siriri no período de fevereiro de 2010 a novembro de 2011

A quantificação dos nutrientes, nas formas de nitrogênio e fósforo, nas frações orgânica e inorgânica, permite inferir sobre a origem dos efluentes e o estágio de degradação em que se encontram. Juntamente com a determinação de clorofila-a, esses parâmetros também refletem a condição de trofia do corpo hídrico (KNAPIK, 2005).

As principais formas de ocorrência de nitrogênio em água são: N_2 , compostos orgânicos, amônia (NH_3 ou NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). A presença de amônia em um corpo d'água caracteriza a poluição recente, o nitrato, caracteriza uma poluição remota, e o nitrito representa uma fase intermediária entre a amônia e o nitrato (ESTEVEZ, 2011; MACÊDO, 2003).

As concentrações do nitrogênio amoniacal variaram de 0.01 a 1.52 mg L⁻¹, a concentração média foi mais elevada para as estações SM1 e SM2 (Tab. 4). Contudo, considerando a Resolução 357/2005 do CONAMA, para as classes de água doce 2 e 3, os valores foram satisfatórios.

O nitrato foi a forma de nitrogênio predominante encontrada no estudo realizado, suas concentrações variaram de 0.17 a 11.11 mg L⁻¹. Os valores médios das concentrações de nitrato foram inferiores aos estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA (10 mg L⁻¹). As estações SV1 e SV2 apresentaram as maiores médias, 4.70 e 3.67 mg L⁻¹, respectivamente, para este parâmetro no período chuvoso (Fig. 6). Este nitrato pode ser proveniente da aplicação de fertilizantes nitrogenados, uma vez que, o rio Siriri Vivo é ocupado predominantemente pela monocultura da cana-de-açúcar e durante o período chuvoso ocorre o carreamento destas substâncias através do escoamento superficial.

No período seco, as concentrações de nitrogênio amoniacal foram superiores ao período chuvoso, exceto para a estação SV2 que não foi observado para o nitrato (Fig. 6). Fontes pontuais de poluição podem ser a origem deste nitrogênio amoniacal para o período seco, já que no período chuvoso devido o aumento da vazão dos rios, as concentrações encontradas foram menores.

As concentrações de nitrato para as estações do rio Siriri Morto, SM1 e SM2, foram mais elevadas no período seco, ao contrário das estações do rio Siriri Vivo, SV1 e SV2, em que as concentrações de nitrato foram maiores no período chuvoso. Pode-se afirmar que a poluição do Siriri Morto está relacionada à fontes pontuais, enquanto no rio Siriri Vivo está relacionada à fontes difusas.

A principal fonte de nitrogênio na estação SM1 é o aporte de efluentes domésticos, assim este parâmetro apresentou valores mais elevados no período seco, havendo redução no período chuvoso pela aumento do nível de água (Tab. 7 e Fig. 7).

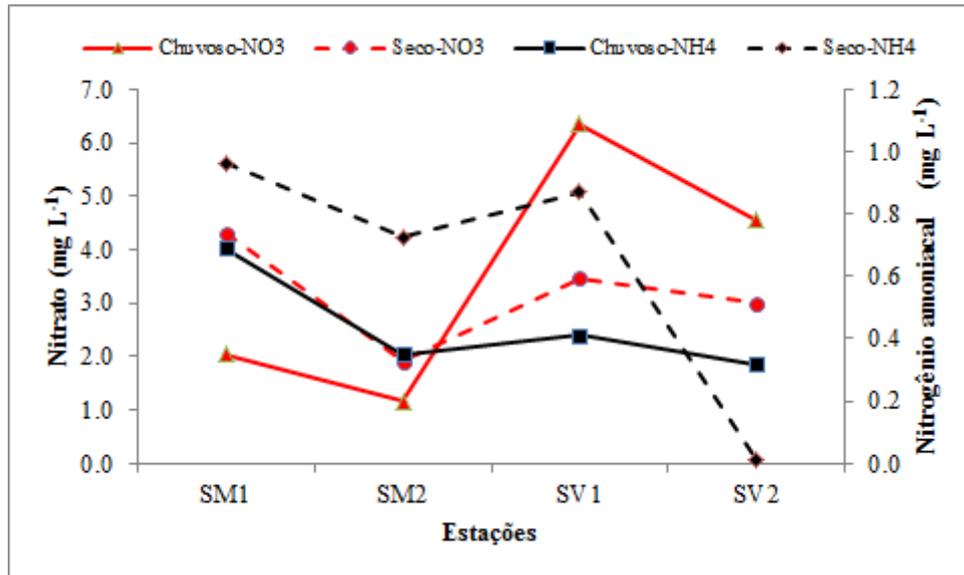


Figura 6: Variação sazonal para o nitrato e nitrito na bacia hidrográfica do Siriri no período de fevereiro de 2010 a novembro de 2011

As concentrações para o nitrogênio total variaram de 44.24 a 1.22 mg L⁻¹, sendo que a maiores concentrações médias foram encontradas para a estação SM1, 13.12 mg L⁻¹ e 6.78 mg L⁻¹ SV1 (Tab. 7). A Resolução 357/2005 do CONAMA não limita para este parâmetro referente à classe de água doce 3, entretanto para as águas doces de classes 1 e 2, estabelece que quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1.27 mg L⁻¹ para ambientes lênticos e 2.18 mg L⁻¹ para ambientes lóticos, na vazão de referência (BRASIL, 2005).

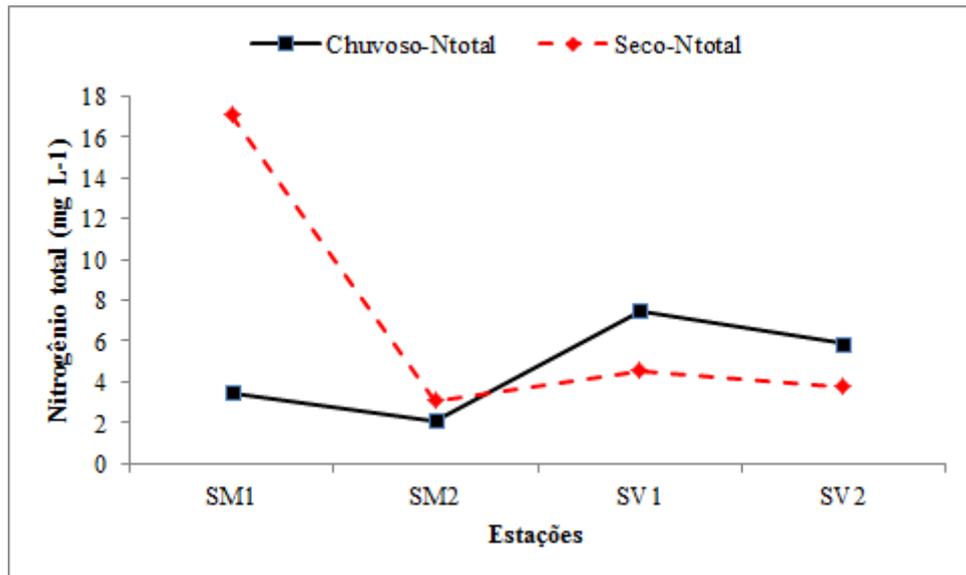


Figura 7: Variação sazonal para o nitrogênio total na bacia hidrográfica do Siriri no período de fevereiro de 2010 a novembro de 2011

O fósforo é essencial para o crescimento de organismos e pode ser o nutriente que limita a produtividade primária de um corpo d'água, sendo apontado como o principal responsável pela eutrofização dos sistemas aquáticos. O fosfato pode ser proveniente de adubos, a base de fósforo, ou da decomposição de materiais orgânicos e esgoto (ESTEVES, 2011; FARIAS, 2006).

As concentrações de ortofosfato estiveram entre <0.001 e 0.250 mg L^{-1} . Assim como para as formas nitrogenadas, a estação SM1 apresentou a maior concentração média, 0.09 mg L^{-1} para o ortofosfato (Tab. 5). Considerando o fósforo total, as concentrações variaram entre 0.003 a 0.288 mg L^{-1} (Tab. 5). As concentrações médias do fósforo total estiveram de acordo com o limite para este parâmetro estabelecido na Resolução 357/2005 do CONAMA, tanto para a estação SM1, caracterizado como ambiente lântico (0.05 mg L^{-1}) como para as demais estações, caracterizadas como ambientes lóticos (0.15 mg L^{-1}), apesar de na campanha de fevereiro de 2010 os valores terem sido excedidos para os pontos SM1 e SM2.

No que se refere à clorofila-a o menor valor de concentração foi observado na estação SV2, $0.00 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$, e o maior valor foi referente à estação SM1, $110.50 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ (Tab. 5). O limite preconizado pela Resolução 357/2005 do CONAMA é de 30 e $60 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$, para as classes de água doce 2 e 3, respectivamente, dessa forma os

valores obtidos para a estação SM1 para os meses de fevereiro e julho de 2011 excederam estes limites (Fig. 8), contudo, as concentrações médias para clorofila-a mantiveram-se abaixo do referido limite.

A determinação da concentração de clorofila permite estimar sobre a capacidade de reoxigenação das águas em seu próprio meio, além de permitir inferir sobre a densidade de algas e avaliar o aporte da quantidade de nutrientes (HERMES et al., 2006).

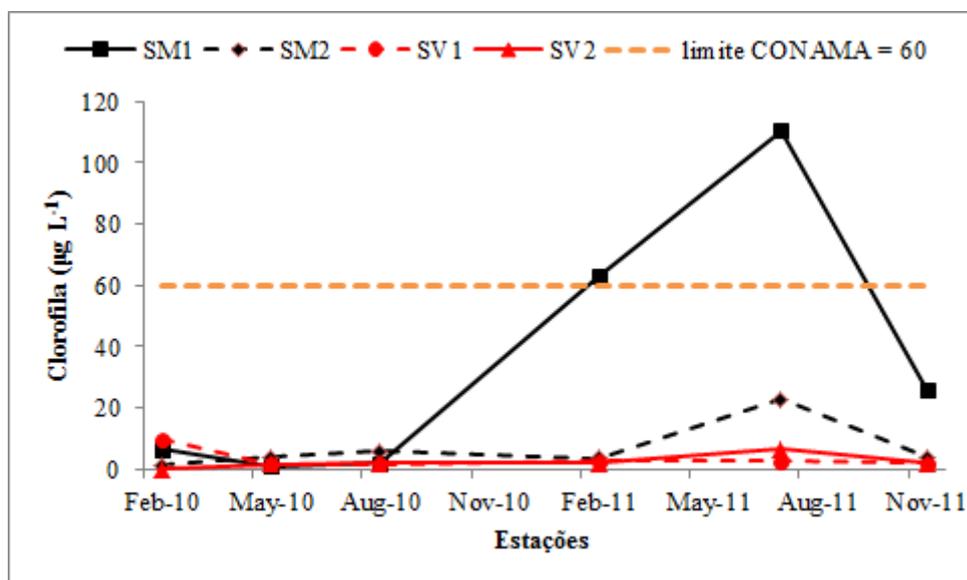


Figura 8: Variação sazonal para o clorofila-a na bacia hidrográfica do Siriri no período de fevereiro de 2010 a novembro de 2011

4. CONCLUSÃO

A análise dos dados dos parâmetros permite inferir que o rio Siriri Vivo, estações SV1 e SV2, apresenta boa qualidade. Apesar do rio Siriri em toda sua extensão ser enquadrado como classe de água doce 3, o rio Siriri Vivo pode ser enquadrado na classe 2, considerando os parâmetros os analisados. Contudo, deve-se ter preocupação com a ocupação do solo, pois como o principal uso é a monocultura da cana-de-açúcar, o carreamento de nutrientes provenientes da aplicação de fertilizantes pode comprometer a qualidade desta água, uma vez que as estações de coleta localizadas neste rio, apresentaram as maiores concentrações de nitrato.

A situação do rio Siriri Morto é preocupante, uma vez que a estação SM1 recebe efluentes domésticos da cidade de Nossa Senhora das Dores, dessa forma foram verificados valores elevados de oxigênio dissolvido, que é importante parâmetro de qualidade da água, e indicativo de boas condições sanitárias, contudo estes elevados valores estiveram associados à elevação das concentração de clorofila-a, permitindo inferir que este oxigênio é proveniente da atividade algal. Este fato associado as maiores concentrações de nutrientes, indica processo de eutrofização deste açude.

Nesse sentido para a melhoria da qualidade da água do rio Siriri deve-se buscar o tratamento dos efluentes domésticos lançados no rio Siriri Morto e realizar o manejo sustentável do uso do solo desta bacia hidrográfica, de forma a minimizar os impactos na qualidade da água causados pelas atividades agropecuárias da região.

5. REFERÊNCIAS

- AGUIAR NETTO, A. O. et al. Balanço hídrico na bacia hidrográfica do rio Siriri, Sergipe. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...**, Campo Grande: ABRH, v. 1. p. 1-11, 2009.
- AGUIAR NETTO, A. O. et al. Águas de Sergipe: reflexões sobre cenários e limitações. In: AGUIAR NETTO, A. O., GOMES, L. J. **Meio Ambiente: distintos olhares**. São Cristóvão: EDUFS, 2010.
- AGUIAR NETTO, A. O. et al. Physical and chemical characteristics of water from the hydrographic basin of the Poxim River, Sergipe State, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2012. Doi 10.1007/s10661-012-2880-x.
- ALVES, J. P. H. et al. Rio Poxim: qualidade da água e suas variações sazonais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABRH, 2007.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 21. ed. Washington: APHA, 2005. 1368 p.
- ARAÚJO, S. S.; AGUIAR NETTO, A. O. Meio ambiente e outorga de uso de água: o caso da bacia hidrográfica do rio Japarutuba/SE. In: SANTOS, A. C. et al (Org.). **Pensar a (in)sustentabilidade: desafios à pesquisa**. Porto Alegre: Redes, v. 1, p. 120-134, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Brasília: Diário Oficial da União, 2004.
- _____. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Brasília: Diário Oficial da União, 2005.
- _____. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas - ANA. Diagnóstico da oferta de água bruta e avaliação preliminar de alternativas técnicas no Estado de Sergipe: parte B. Brasília: MMA, 2005. 76p.
- DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo. CETESB, 1992.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3 ed. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2011.
- FARIAS, M. S. **Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo. Campina Grande**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2006.
- HERMES, L. C. et al. Considerações gerais e monitoração de qualidade de água. In: FAY, E. F.; SILVA, C. M. M. S. **Índice do uso sustentável da água (ISA-ÁGUA) região do sub-médio São Francisco**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. P. 17-41.

KNAPIK, H. G. **Reflexões sobre monitoramento, modelagem e calibração na gestão de recursos hídricos**: Estudo de caso da qualidade da água da bacia do Alto Iguaçu. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MACEDO, J. A. B. de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2. ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2003. 450 p.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. A situação do monitoramento das águas no Brasil – Instituições e iniciativas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, n. 3, jul.-set., p. 113-115, 2000

MAIER, M.H. Ecologia da bacia do Rio Jacaré-Pepira (47° 55' - 48° 55' W; 22° 30' - 21° 55' S - Brasil). Qualidade da água do Rio Principal. **Ciência & Cultura**, v. 39, n. 2, p. 164-185. 1987.

_____. **Geoecologia, hidrografia, clima e processos antrópicos da bacia do Jacaré-Pepira, SP.**. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos. São Paulo. 1983. 219 f

SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe**. 2009. Disponível em <<http://www.semarh.se.gov.br>> Acesso em 05 de maio de 2012.

SILVA, L. H. P.; MENDONÇA, A. S. F. Avaliação qualitativa da lagoa Jacunén com ênfase à eutrofização. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19, 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Paraná: ABES, 1997.

SONG, M. W. et al. Water quality of a tributary of the Pearl River, the Beijiang, Southern China: implications from multivariate statistical analyses. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 172, p. 589-603, 2011.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: DESA: UFMG, 2006.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO DE ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SIRIRI- SE

MACHADO, C. A. **Produção de água na bacia hidrográfica do rio Siriri-SE**. 2013. 21p. (Dissertação de mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão – SE.

RESUMO

A necessidade de conhecer o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é fundamental para garantir a preservação e conservação dos recursos hídricos. Os modelos hidrológicos são ferramentas que permitem conhecer a dinâmica de uma bacia hidrográfica em pouco tempo e sem gastos dispendiosos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a distribuição espacial da produção de água simulada pelo modelo SWAT para a bacia hidrográfica do rio Siriri. A simulação foi realizada para o período de 2000 a 2013, o procedimento de calibração e validação não foram realizados devido a falta de monitoramento de dados de vazão. As subbacias que mais produziram água estão localizadas nas áreas de maior declividade. Estas áreas merecem cuidado especial com relação ao seu manejo, uma vez que a maior produção de água está relacionada à maior produção de sedimentos e conseqüentemente aos processos erosivos.

Palavras-chave: Modelo hidrológico, SWAT, recursos hídricos.

MACHADO, C. A. **Water production in the river basin Siriri-SE**. 2013. 21p. (Dissertation on Environment and Development). Federal University of Sergipe. São Cristóvão – SE.

ABSTRACT

The need to know the hydrologic behavior of a watershed is critical to ensure the preservation and conservation of water resources. Hydrological models are tools that allow to know the dynamics of a watershed in a short time and without spending costly. This study aimed to evaluate the spatial distribution of water production simulated by the SWAT model for river basin Siriri. The simulation was performed for the period 2000 to 2013, the procedure for calibration and validation were not performed due to lack of monitoring data flow. The sub-basins that produce more water are located in areas of greatest slope. These areas deserve special care with respect to its management since the increased water production is related to greater sediment production and consequently to erosive processes.

Keywords: hydrological model, SWAT, water resources

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros estudos sobre hidrologia são oriundos do rio Nilo no Egito, há 4000 anos. O nível do rio era medido a partir de instrumento de mensuração, semelhante a uma régua, para cobrança de imposto anual. As primeiras medidas pluviométricas tem registro de 2000 anos na Índia, também com o princípio tributário.

A modelagem hidrológica começou com o engenheiro irlandês Thomas J. Mulvaney no ano de 1851, com uma equação que leva seu nome, que mais tarde ficou conhecida como método racional. Porém a modelagem hidrológica tiveram avanços reais que foram a partir da década de 30. Isso se deve ao interesse e investimentos em pesquisas relacionados a hidrologia dos países desenvolvidos por meio do fomento de suas agencias governamentais.

Na década de 50 com a disponibilidade do uso do computador e o avanço de técnicas estatísticas e numéricas ocorreu um avanço maior dos modelos que trabalham com conceitos de chuva e vazão. Durante muitos anos a hidrologia teve um papel mais descritivo do que caráter quantitativo. Com o período pós-guerra ocorreu uma enorme demanda em projetos visando uma gestão mais proveitosa dos recursos hídricos, principalmente relacionados a obras de infraestrutura e abastecimento público.

Entende-se que o modelo é uma ferramenta que permite entender e representar o comportamento de uma bacia hidrográfica e prever, simular, condições distintas das observadas, dessa forma, a antecipação de ocorrência de eventos, permite a tomada de medidas preventivas (TUCCI, 2005).

O SWAT é um modelo hidrológico que permite simular diferentes processos físicos na bacia hidrográfica como, a evapotranspiração, infiltração, escoamento de água, entre outros, com o objetivo de analisar os impactos das alterações no uso do solo sobre o escoamento (superficial e subterrâneo), produção de sedimentos e qualidade de água em bacias hidrográficas. O SWAT é um modelo matemático que tem domínio público, ele foi desenvolvido em 1996 nos EUA pelo *Agricultural Research Service* em conjunto com a *Texas A&M University* (NEITSCH et al. 2005).

Com esse modelo é possível simular diferentes cenários de uso do solo, permitindo, desta forma, analisar o escoamento de água e a produção de sedimentos de forma espacial na bacia, fator fundamental quando se refere a ações de planejamento e gestão dos recursos naturais

O modelo é baseado em uma estrutura de comandos para propagar o escoamento, sedimentos e agroquímicos através da bacia hidrográfica. As variáveis usadas no modelo onde são levados como parâmetros são: hidrologia, clima, sedimentos, temperatura do solo, crescimento de plantas, nutrientes, pesticidas e ainda manejo agrícola. O componente hidrológico do modelo inclui sub-rotinas do escoamento superficial, percolação, fluxo lateral subsuperficial, fluxo de retorno do aquífero raso e evapotranspiração (NEITSCH et al. 2005).

Existem diversos estudos que utilizaram o modelo para avaliar o impacto do uso e manejo do solo em bacias hidrográficas, tanto no Brasil (ADRIOLO et al, 2008; BLAINSKI; SILVEIRA; CONCEIÇÃO, 2008; BLAINSKI, E. et al., 2011; LELIS e CALIJURI 2010) como em outros países (HOLVOET, 2008; KIM et al., 2010; LAM; SCHMALZ; FOHRER, 2010; MULUNGU e MUNISHI, 2007) que vislumbram a possibilidade de um melhor gerenciamento e planejamento dos recursos naturais, principalmente dos recursos hídrico devido sua importância estratégica.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a distribuição espacial da produção de água simulada pelo modelo SWAT para a bacia hidrográfica do rio Siriri, afluente da bacia hidrográfica do rio Japaratuba, importante fonte de água para abastecimento humano e irrigação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Siriri (Fig. 1) faz parte da bacia hidrográfica do rio Japarutuba e localiza-se entre as coordenadas 10°11' e 10°49' latitude sul e 36°41' e 37°26' longitude oeste, apresentando uma área total de 433,85 km². Seu afluente principal nasce no município de Nossa Senhora das Dores - SE, e sua área de drenagem se estende pelos municípios de Capela, Carmópolis, Divina Pastora, General Maynard, Maruim, Rosário do Catete, Santo Amaro das Brotas, Siriri, e Japarutuba.

O rio Siriri se compõe de vários tributários, mas é formado de modo consistente após a junção dos rios Siriri Vivo, Siriri Morto e Sangradouro, abastecendo integralmente o município de Nossa Senhora das Dores-SE, que possui uma população de 24.579 habitantes. De acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA, o rio Siriri é enquadrado como rio de água doce classe 3 (SERGIPE, 2012).

Segundo a classificação Köppen-Geiger, esses municípios são caracterizados por um clima tropical chuvoso com verão seco (As') onde a temperatura média anual é de 25°C, com o período chuvoso concentrado entre os meses de março e agosto, com pluviosidade média anual de 1.400 mm (SERGIPE, 2009).

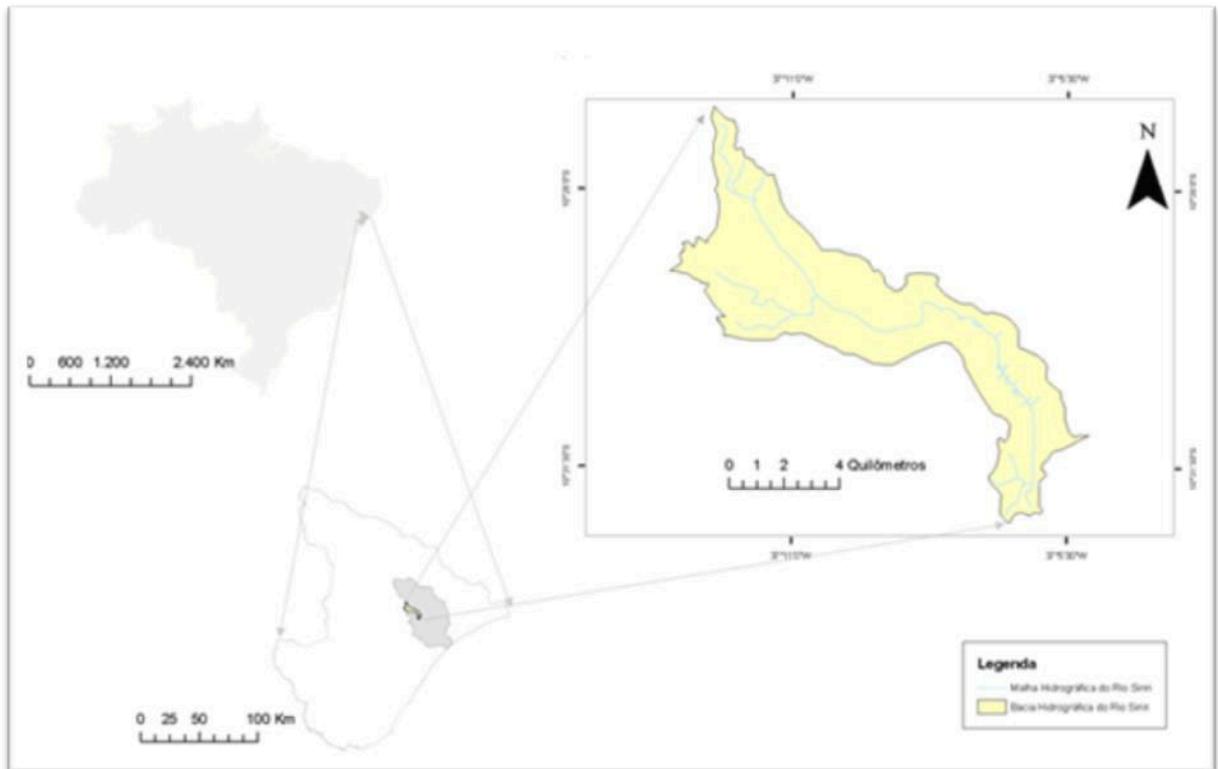


Figura 9: Localização da bacia hidrográfica do rio Siriri, no Brasil e em Sergipe

Os solos predominantes da região são os Argissolos. O relevo caracteriza-se pela presença de planícies litorâneas, tabuleiro costeiro, planície fluvial e feições dissecadas de colinas, cristas e interflúvios tabulares (SERGIPE, 2012).

A sub-bacia do Rio Siriri encontra-se num contexto geológico dominado por rochas da Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas e de Coberturas Recentes. A bacia do Siriri está inserida em dois domínios hidrogeológicos: o poroso e o fraturadocárstico. O primeiro corresponde às rochas da Bacia Sedimentar de Sergipe, a Formação Barreiras e os sedimentos de praia e aluvião. O segundo inclui as formações Riachuelo e Cotinguiba (Grupo Sergipe), que apesar de estarem inseridas na Bacia Sedimentar de Sergipe, são constituídas basicamente por rochas calcárias, que apresentam comportamento hidrogeológico distinto dos demais sedimentos, daí a sua inclusão no domínio fraturadocárstico (BRASIL, 2005).

Os usos do solo na bacia do rio Siriri são indicados na Tabela 1, sendo que os principais usos são pastagem, 42.83%, cultivos agrícolas/solos expostos, 34.52% e área de floresta, 13.78% (SERGIPE, 2012)

Tabela 8: Usos do solo na bacia hidrográfica do rio Siriri

Uso do solo	Área (ha)	Área (%)
Associação de caatinga/cultivos/pastagem	13.05	0.03
Corpos d'água	71.69	0.17
Cultivos agrícolas/solos expostos	14923.83	34.52
Floresta estacional	5958.28	13.78
Floresta ombrófila	1262.3	2.92
Manguezal	4.92	0.01
Mata ciliar	1328.15	3.07
Pastagem	18513.72	42.83
Povoado/distritos	176.13	0.41
Sede municipal	386.24	0.89
Vegetação de restinga	27.13	0.06
Área degradada	268.19	0.62

O déficit hídrico das cidades concentra-se entre os meses e setembro a março, estando seus picos nos meses de dezembro e janeiro. Já o período chuvoso ocorre entre os meses de maio e julho, sendo que a maior precipitação média mensal (203,5 mm) observada ocorre no mês de maio (AGUIAR NETTO et al., 2009).

A área ao qual se refere esse estudo tem 416 km² de extensão, e está inserida em um contexto geológico dominado pela Bacia Sedimentar de Sergipe-Alagoas, onde se nota-se a presença de importantes reservatórios de água subterrânea. A geologia dessa região é formada por Bacias Sedimentares do Proterozóico de três períodos diferentes: do Cretáceo, do Paleogeno e do Quaternário. A bacia do rio Siriri tem uma área de drenagem que ocupa o território de 3 municípios: Siriri, Nossa Senhora das Dores e Capela (Fig. 2), sendo de extrema importância estratégica para o abastecimento desses municípios que são inseridos nessa bacia.

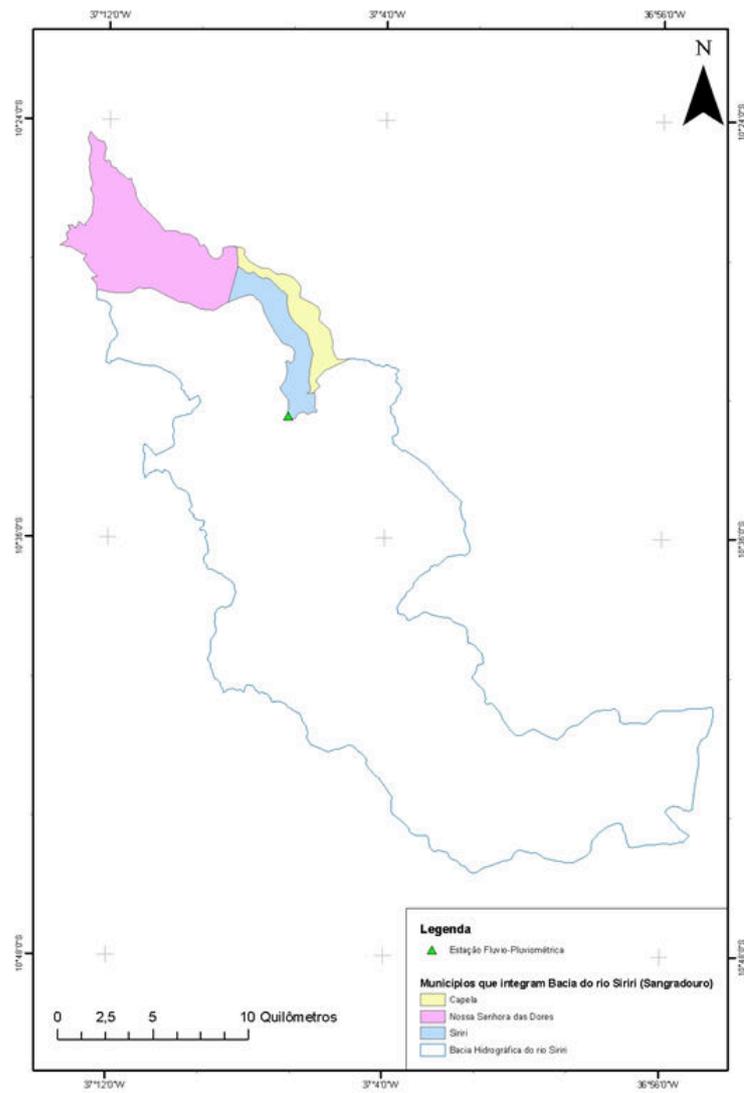


Figura 10: Municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Siriri

3. O MODELO SWAT

O SWAT é um modelo de base física, em vez de incorporar equações de regressão para descrever as relações entre as variáveis de entrada e saída, necessita de informações específicas sobre clima, propriedades do solo, topografia, vegetação e práticas de manejo do solo que ocorrem na bacia hidrográfica. Dessa forma é possível simular processos físicos associados com o movimento da água, movimento de sedimentos, crescimento da vegetação, ciclagem de nutrientes, qualidade da água, dentre outros. Por ser um modelo distribuído, permite que a bacia hidrográfica seja dividida em subbacias, que refletem as diferenças de tipo de solo, cobertura vegetal, topografia (NEITSCH et al., 2011).

O modelo SWAT tem como vantagens a modelagem de bacias hidrográficas que não apresentam monitoramento de dados, ou seja, sem dados de vazão monitorados, utiliza dados de entrada facilmente disponíveis, muitas vezes disponíveis em órgãos governamentais, permite a simulação para grandes bacias hidrográficas com economia de tempo e sem custos dispendiosos (NEITSCH et al., 2005).

De acordo com NEITSCH et al. (2011) o modelo tem como composição os tópicos abaixo:

a. CLIMA

As informações referentes ao clima de uma bacia hidrográfica tratam-se dos dados referente à umidade do ar e a energia que comandam o balanço hídrico. As variáveis climáticas para trabalhar nesse modelo são os dados diários de precipitação, temperaturas do ar máxima e mínima, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Sendo que há a possibilidade de inserir dados diários. O modelo gera um conjunto de dados de climatológicos e independentes para cada subbacia.

b. CICLO HIDROLÓGICO

Os principais processos hidrológicos do SWAT simulados são o escoamento superficial, evapotranspiração, movimento da água no solo e água subterrânea (Fig. 3)

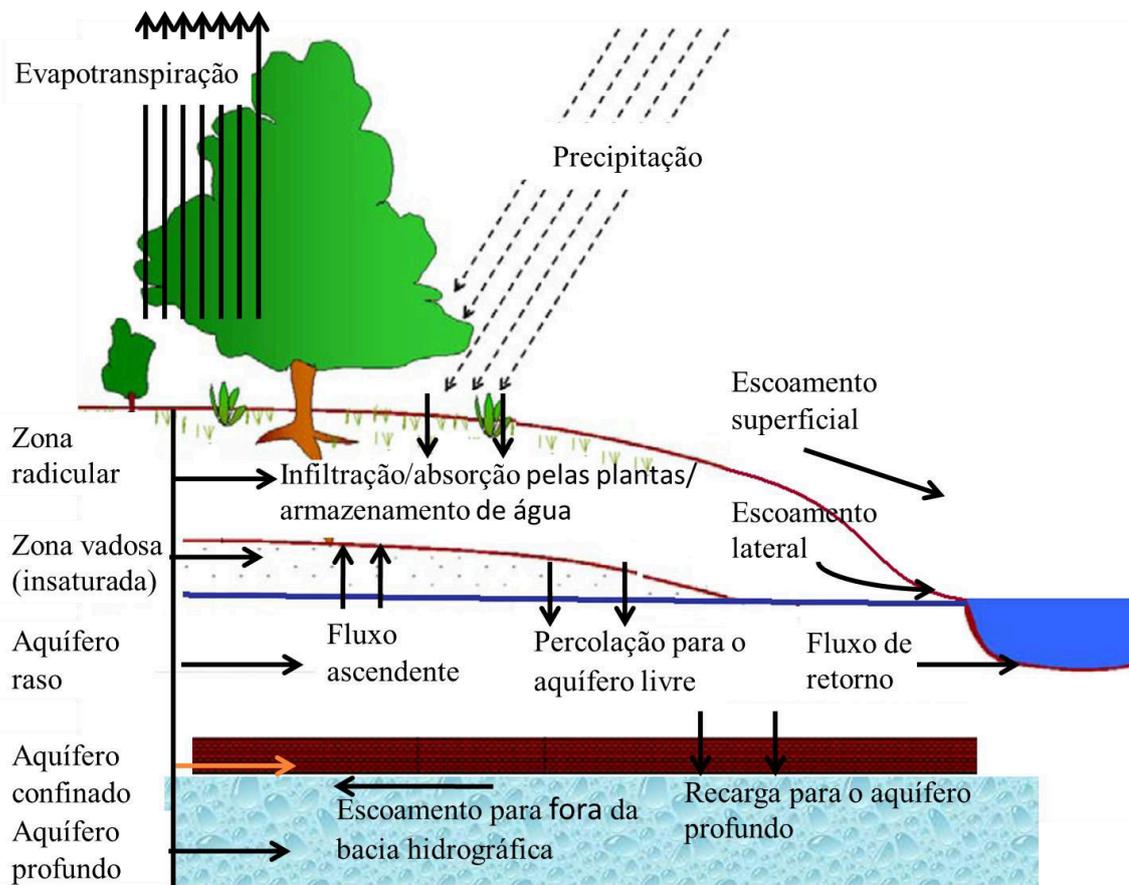


Figura 11: Representação esquemática do ciclo hidrológico (Fonte: NEITSCH et al., 2005).

O balanço hídrico é a ideia que conduz todos os cenários, processos e situações simulados pelo SWAT, tornando-se indispensável para a estimativa da infiltração, do escoamento superficial e da força de desprendimento do solo pelo fluxo da água e trabalha com dados de clima, crescimento vegetal e infiltração para encontrar valores da evapotranspiração potencial, evaporação do solo e transpiração das plantas. Por meio desses dados com essas informações, o componente balanço hídrico calcula a quantidade e o estado da água no solo diariamente para cada camada e a percolação no seu perfil.

A simulação hidrológica da bacia hidrográfica é dividida em duas grandes partes: a fase terrestre do ciclo hidrológico e a fase aquática. A fase terrestre controla a quantidade de água e as cargas de sedimento, nutrientes e pesticidas que atingem o canal principal de cada subbacia. A fase aquática tem uma ligação ao movimento da água, sedimentos, dentre outros, pela rede de canais em direção à saída da bacia hidrográfica. Na fase terrestre, o ciclo hidrológico é baseado na equação do balanço hídrico (Eq. 1):

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw})$$

Equação 1

Onde: SW_t = é a quantidade final de água existente no solo (mm H₂O); SW_0 = é a quantidade inicial de água existente no solo em um dia i (mm H₂O); t = tempo (dias); R_{day} = é a quantidade de precipitação em um dia i (mm H₂O); Q_{surf} = é a quantidade de escoamento superficial em um dia i (mm H₂O); E_a = é a quantidade de água evapotranspirada no dia i (mm H₂O); w_{seep} = é a quantidade de água que entra na camada insaturada no dia i (mm H₂O); Q_{gw} = é a quantidade de água que retorna ao canal devido ao escoamento sub-superficial em um dia i (mm H₂O);

i. Escoamento Superficial

O escoamento superficial rege a perda de solos e ocorre quando a taxa de aplicação de água no solo (precipitação ou irrigação) excede a taxa de infiltração. O SWAT simula o volume do escoamento superficial a taxa de escoamento de pico para cada HRU, utilizando o Método da Curva Número (CN) do Soil Conservation Service (USDA-CSC, 1972) ou pelo Método Infiltração de Green e Ampt (GREEN e AMPT, 1911). O último método necessita de dados sub-diários de precipitação.

No método da CN, a curva varia não linearmente com o conteúdo de umidade do solo. A CN diminui se o solo se aproxima do ponto de murcha e aumenta até cerca de 100 a aproximar-se da saturação do solo.

A equação da CN é:

$$Q_{sup} = \frac{(R_{day} - I_a)^2}{(R_{day} - I_a + S)}$$

Equação 2

Onde: Q_{sup} é o escoamento acumulado ou excesso de chuva (mm H₂O), R_{day} é a quantidade de chuva para o dia (mm H₂O), I_a é a abstração inicial que incluem o armazenamento de água na superfície, interceptação e infiltração (mm H₂O), S é o parâmetro de retenção (mm H₂O).

O parâmetro de retenção varia espacialmente de acordo com o tipo de solo, o tipo de uso, manejo, declividade e o conteúdo de água no solo. O parâmetro de retenção pode ser calculado pela Equação 3:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 100 \right)$$

Equação 3

Onde CN é a curva número para o dia, abstração inicial, I_a , geralmente aproximada a 0.25, dessa forma a Equação 4 pode ser definida como

$$Q_{sup} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} + 0.8S)}$$

Equação 4

Onde: Q_{sup} é o escoamento acumulado ou excesso de chuva (mm H_2O), R_{day} é a quantidade de chuva para o dia (mm H_2O), I_a é a abstração inicial que incluem o armazenamento de água na superfície, interceptação e infiltração (mm H_2O), S é o parâmetro de retenção (mm H_2O).

Apesar da sua natureza empírica, o método do CN é muito utilizado com sucesso para várias aplicações e em uma enorme variedade de realidades hidrológicas.

ii. Evapotranspiração

No processo da evapotranspiração estão inclusos todas as ações de transpiração das plantas e evaporação de água das plantas e do solo. O SWAT possibilita que se obtenha o cálculo da evapotranspiração potencial e real. A evapotranspiração potencial pode ser estimada no modelo SWAT por três métodos distintos: Método de Penman-Monteith, Método de Priestley-Taylor e pelo de Método de Hargreaves-Samani.

Existe a possibilidade de inserção e dados diários, de evapotranspiração potencial, caso o pesquisador deseje fazer uso de outra metodologia. A metodologia

de Penman-Monteith é o que melhor descreve o fenômeno e também tem uma resposta mais adequada. (LELIS, 2011).

Depois de determinada a evapotranspiração potencial, a evaporação real é calculada. O SWAT leva em consideração, primeiramente, a evaporação da água consumida pela vegetação e, com isso a quantidade de água transpirada pelas plantas e evaporada do solo.

iii. Percolação

A percolação acontece no instante em que a quantidade de água é maior que a capacidade de campo para uma determinada camada de solo. A componente de percolação do SWAT utiliza uma técnica de propagação do armazenamento, associado com um modelo de fluxo em fendas para simular o escoamento através de cada camada de solo.

iv. Escoamento Lateral e Vazão Sub-superficial

O fluxo lateral poderá ser significativo em áreas em que os solos apresentem uma grande condutividade hidráulica nas camadas superficiais e camadas impermeáveis ou semipermeáveis em profundidades rasas. Nesses sistemas, a precipitação irá percolar verticalmente até atingir a camada impermeável. A água poderá se acumular acima dessa camada criando uma zona saturada que será a fonte para o fluxo lateral sub-superficial, que poderá colaborar para a vazão dos rios.

No modelo SWAT, o escoamento lateral é calculado simultaneamente com a percolação, para tal fim se utiliza o modelo de armazenamento cinemático baseado na equação de continuidade de massa.

c. PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS

A produção de sedimentos é calculada, no modelo SWAT, para cada HRU, por meio da Equação Universal de Perda de Solos Modificada (MUSLE – *Modified Universal Soil Loss Equation*) indicada a seguir (Eq.

$$Sed = 11,8.(Q_{surf}.q_{peak}.area_{HRU})^{0,56}.K_{USLE}.C_{USLE}.P_{USLE}.L_{SUSLE}.CFRG$$

Equação 5

Em que: Sed = produção de sedimentos em um determinado dia (ton); Q_{surf} = escoamento superficial ($\text{mm H}_2\text{O ha}^{-1}$); q_{peak} = vazão de pico do escoamento ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$); $area_{hru}$ = área da HRU (ha); K_{USLE} = fator de erodibilidade do solo; C_{USLE} = fator de manejo e cobertura do solo; P_{USLE} = fator de práticas conservacionistas; LS_{USLE} = fator topográfico; CFRG = fator de fragmentos grosseiros

A MUSLE prevê o aporte de sedimentos e a principal diferença com a USLE está na ausência do termo erosividade, que foi substituído por fatores relacionados ao manejo, permeabilidade do solo e vazão de pico do hidrograma.

3.2. DADOS DE ENTRADA

Para a realização da modelagem da bacia hidrográfica do rio Siriri é necessário fornecer os seguintes dados: Modelo Digital de Elevação (MDE), clima, tipo de solo, uso e ocupação do solo. Os mapas de solo e uso do solo foram obtidos a partir do Atlas Digital de Recursos Hídricos de Sergipe, possuem formato vetorial em escala de 1:400.000 (SERGIPE, 2012).

O MDE utilizado foi fruto do projeto Brasil em Relevo, a partir de dados gerados pelo projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). Partindo do processamento digital dessas imagens, a EMBRAPA – Monitoramento por Satélite – recortou os mosaicos estaduais, e contabilizou com os produtos LANDSAT da série Brasil. Os dados possuem formato Raster, onde a área de estudo é dividida em grade regular de células numa sequência específica obtida de (MIRANDA, 2005).

Para simular os processos físicos da área em estudo, foram utilizados os seguintes parâmetros de solo: nome do solo, número de camadas, grupo hidrológico do solo, profundidade total. Quanto às camadas do solo foi considerado a profundidade, densidade do solo, capacidade de água disponível, porcentagem de carbono orgânico, condutividade hidráulica, albedo, fator de erodibilidade da camada, condutividade elétrica, porcentagem de argila, silte, areia e rocha. Os dados de solo foram obtidos por meio de coletas e análises de solos realizadas na área da bacia hidrográfica do rio Siriri.

Os valores diários de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa necessários para gerar os dados climáticos (Tab. 1) para as subbacias, em um período de 5 anos, tendo início

em janeiro de 2000 a dezembro de 2005, foram obtidas da estação meteorológica de Japarutuba, localizada nas coordenadas Latitude -10.59 e Longitude -36.94.

Foram utilizados dados diários de precipitação da estação de Japarutuba e de Capela, (Latitude -10.53 e Longitude -37.03), para o período de janeiro de 2000 a dezembro de 2012.

Tabela 9: Elementos Climáticos obtidos da estação agrometeorológica de Japarutuba/SE.

Parâmetro	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
TMPMMX	29.69	29.93	29.51	28.07	27.13	25.65	25.02	25.22	26.54	27.82	28.97	27.59
TMPMM	21.52	22.41	22.73	22.38	21.99	20.74	19.35	19.85	20.06	20.63	21.11	22.65
TMPSTDMX	1.34	1.35	1.08	1.14	1.11	1.15	1.23	0.98	1.24	1.09	0.96	1.18
TMPSTDMIN	1.12	1.34	0.96	1.01	0.99	0.98	1.98	1.32	1.21	1.22	1.55	1.24
PCPMM	81.67	68.73	84.32	117.49	219.98	231.32	172.18	125.58	75.43	59.83	30.02	71.27
PCPSTD	6.24	6.54	7.53	8.94	12.81	12.42	7.75	6.03	4.98	3.94	4.12	6.12
PCPSKW	20.00	20.00	19.31	9.65	6.23	2.92	2.81	3.08	6.15	14.82	20.00	20.00
PR_W1	0.70	0.94	0.66	0.93	0.47	0.26	0.29	0.33	0.63	0.94	0.94	0.94
PR_W2	0.46	0.27	0.34	0.87	0.94	0.94	0.94	0.94	0.47	0.30	0.14	0.25
PCPD	7.67	8.83	10.33	15.67	18.50	24.00	24.33	23.00	12.33	8.33	10.17	7.17
SOLARAV	24.80	24.92	22.77	20.24	16.77	15.55	16.45	18.78	21.76	24.83	25.30	24.92
DEWPT	16.62	21.46	21.55	20.90	20.83	19.84	18.08	19.11	19.24	19.47	20.25	21.76
WND	1.95	1.48	1.10	1.23	1.28	1.11	1.21	1.51	1.79	1.99	1.88	1.76

TMPMX - Temperatura máxima nos diferentes meses do ano ($^{\circ}\text{C}$); TMPMN - Temperatura mínima nos diferentes meses do ano ($^{\circ}\text{C}$); TMPSTDMX - Desvio padrão da máxima temperatura no mês; TMPSTDMN - Desvio padrão da mínima temperatura no mês; PCPMM - Média da precipitação no mês; PCPSTD - Desvio padrão da precipitação no mês, PCPSKW - Coeficiente Skew para a precipitação diária no mês; PR_W1 - Probabilidade de dia úmido (com chuva) seguido de um dia seco no mês; PR_W2 - Probabilidade de dia úmido seguido de outro dia úmido no mês; PCPD - Número médio de dias chuvosos no mês; SOLARAV - Radiação solar média diária no mês ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$); DEWPT - Ponto de orvalho médio diário no mês ($^{\circ}\text{C}$); WND - Velocidade do vento médio diário no mês (m.s^{-1}).

Os dados são inseridos no modelo por uma interface entre o SWAT e o SIG ArcView®. A interface automaticamente subdivide a bacia em subbacias a partir do MDE, extraindo os dados de entrada do banco de dados relacionados para cada subbacia (DI LUZIO *et al.*, 2002). O resultado final das informações processadas pelo SWAT foi um relatório contendo informações de variáveis que foram calculadas para o período proposto de estudo, de 2000 a 2013, dentre elas a quantificação da produção de água anual (mm) para cada subbacia.

Por falta de dados não foi realizada a calibração para a produção de água, o que não impede o seu, pois o modelo SWAT pode ser aplicado em bacias hidrográficas sem monitoramento de dados de vazão (NEITSCH *et al.*, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo de delimitação da bacia hidrográfica foi definida a área de contribuição mínima para formação do canal em 80 ha, o valor mínimo. Este valor controla os detalhes da rede de drenagem e o tamanho das subbacias (GALVAN et al., 2009). O exutório foi adicionado para criação das subbacias nas coordenadas -10.54 de latitude e -37.11 de longitude. Foram obtidas 14 subbacias em uma área total delimitada de 47.30 km² (Fig.4).

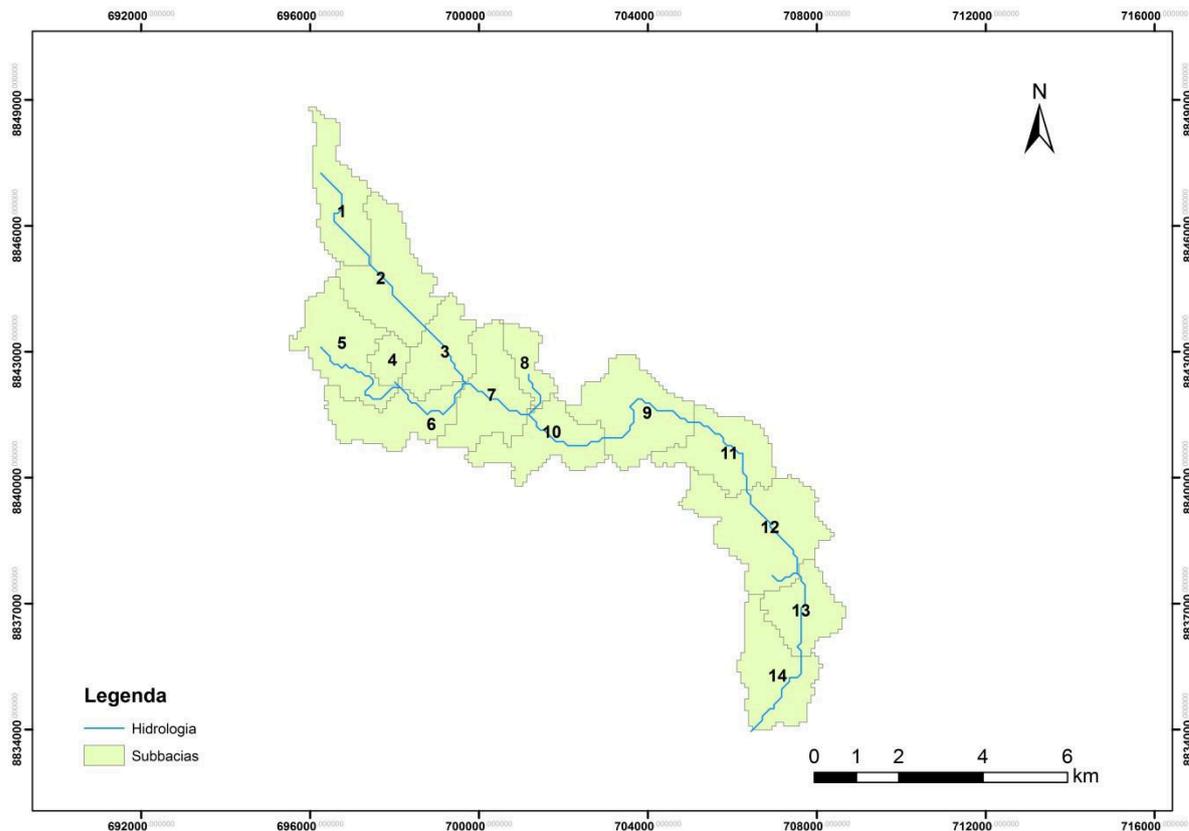


Figura 12: Subbacias delimitadas para a bacia hidrográfica do rio Siriri

Após a delimitação da bacia hidrográfica procedeu-se a definição das HRUs foram determinados os limites para uso do solo (10%), tipos de solo (20%) e declividade (10%). Cinco classes de declividade de acordo com a EMBRAPA (2006) foram estabelecidas: 0 a 3% (relevo plano), de 3 a 8% (suave ondulado), de 8 a 20% (ondulado), de 20 a 45% (fortemente ondulado) e acima de 75% (montanhoso).

Para a definição para as HRUs foram determinados limites para o uso do solo, tipos de solo e declividade, os valores estabelecidos foram de 10, 20 e 10% respectivamente. O número final de HRUs foi 41. Após a definição das HRUs os

usos dos solos, tipos de solo e declividades da área estudada foram reclassificados pelo modelo conforme as Tabelas 3, 4 e 5, respectivamente:

Tabela 10: Usos do solo da bacia hidrográfica do rio Poxim após a definição das HRUs

Uso do solo	Correspondência com uso do solo modelo SWAT	Área (%)
Área embrejada	Wetlands-Non-Forested – WETN	1.18
Pastagem	Pasture – PAST	9.30
Povoados e cidades	Residential-Med/Low Density – URML	1.39
Cana de açúcar	Sugarcane – SUGC	82.61
Floresta	Forest-Evergreen– FRSE	5.52

Tabela 11: Solos da bacia hidrográfica do rio Poxim após a definição das HRUs

Solo	Área (%)
Latossolo Vermelho Amarelo	80.80
Argissolo Vermelho Amarelo	19.20

Tabela 12: Declividades da bacia hidrográfica do rio Poxim após a definição das HRUs

Declividade (%)	Área (%)
0 – 3	76.83
3 – 8	8.17
8 – 20	8.17

A produção de água na bacia hidrográfica do rio Siriri pode ser visualizada na Figura 5. A subbacia 1 apresentou a menor produção média de água ($\text{mm H}_2\text{O ano}^{-1}$), que apresenta a pastagem como uso do solo predominante, que ocupam tanto as encostas mais íngremes quanto os terrenos de menor declividade (Fig. 13). Já as subbacias 13 e 14, ocupadas por floresta, 30.2% e 48.6%, respectivamente (Fig. 14), apresentaram a maior produção média de água, ao contrário do que encontraram LINO, CORSUIL e KOBAYAMA (2009), isto pode ser atribuído ao fato de que estas subbacias estão localizadas nas áreas de maiores declividades, 8 – 20 %, classificado como ondulado (EMBRAPA, 2006). O aumento da declividade promove o aumento do escoamento superficial (ABRAHAM; ROEHRIG; CHEKOL, 2007; KIMWAGA et al., 2011).

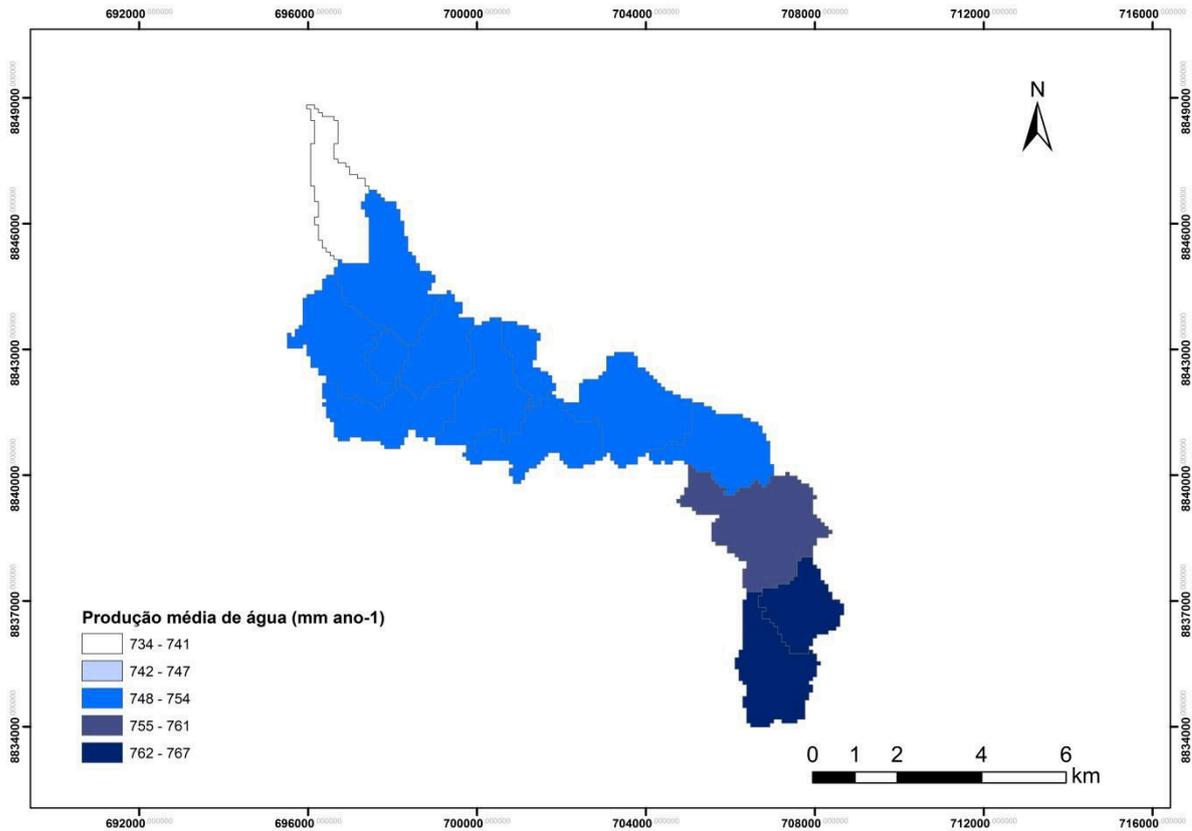


Figura 13: Produção média de água na bacia hidrográfica do rio Siriri referente ao período de 2000 a 2013.

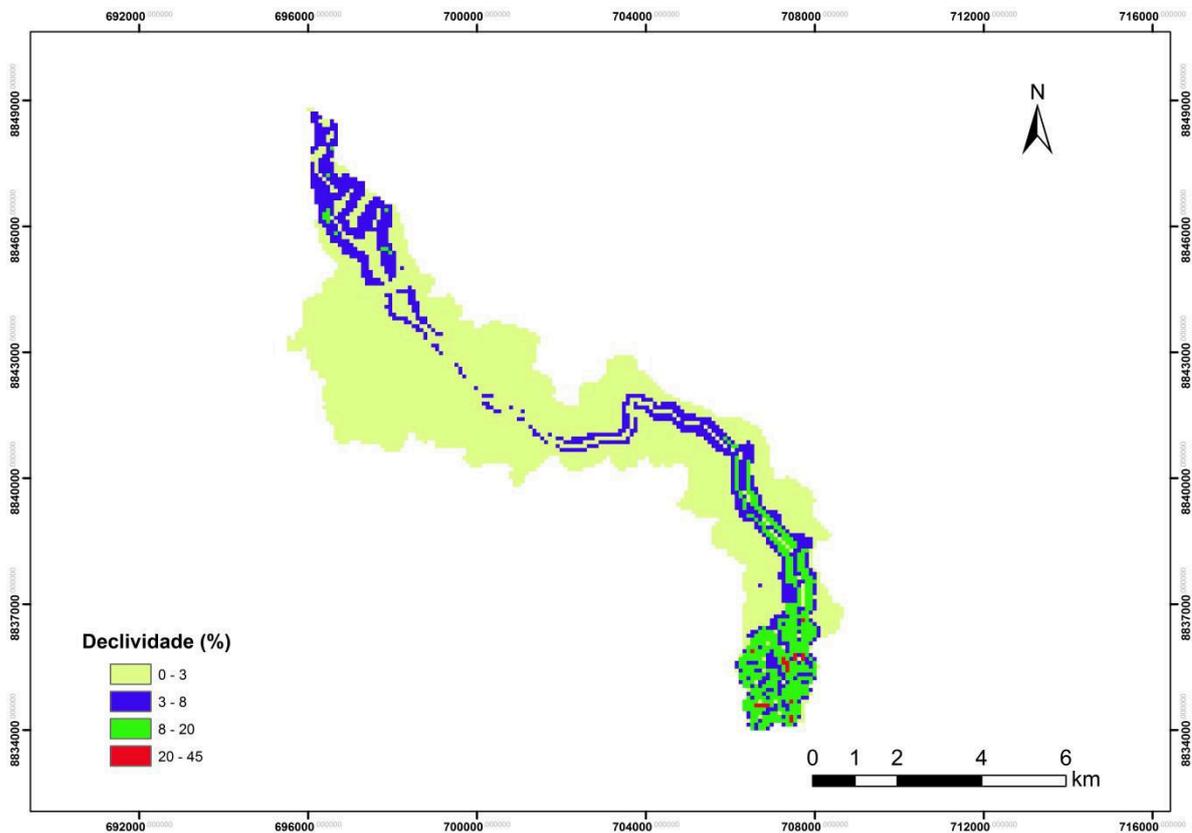


Figura 14: Usos do solo na bacia hidrográfica do rio Siriri

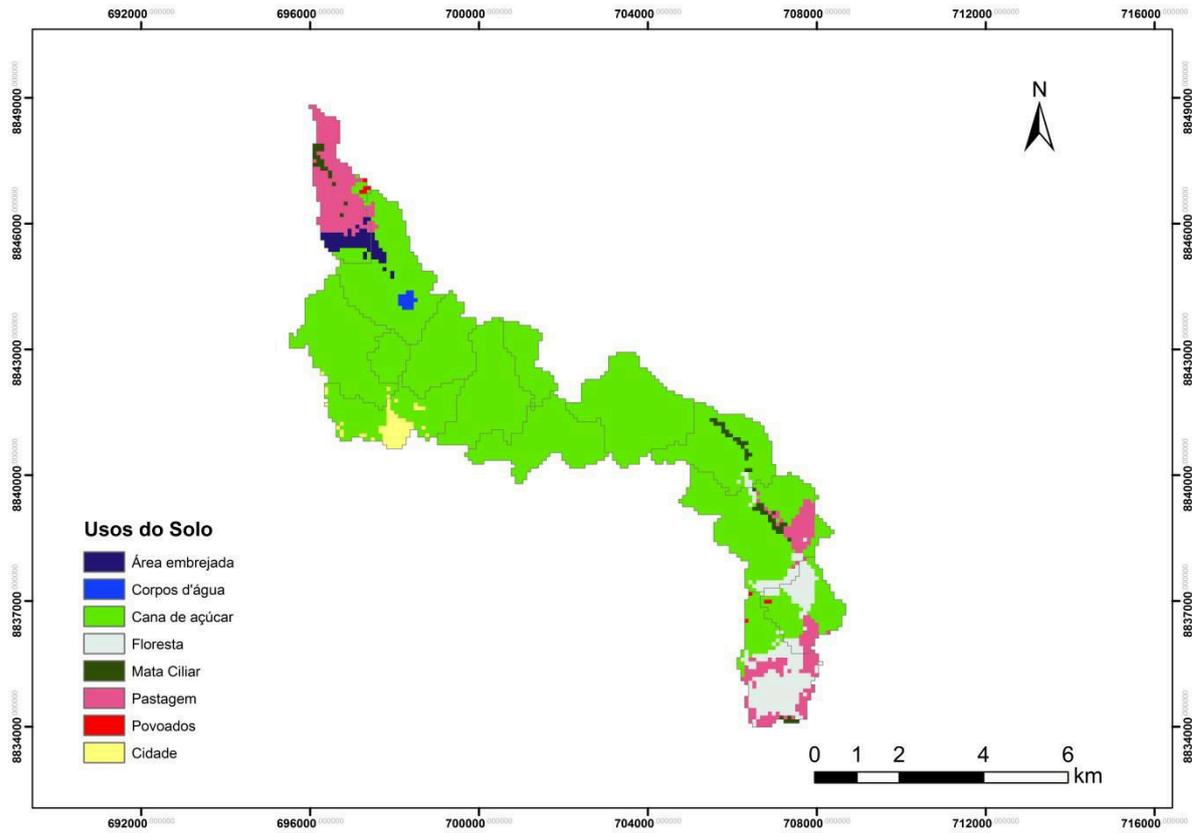


Figura 15: Classes de declividade para a bacia hidrográfica do rio Siriri

5. CONCLUSÃO

As subbacias com maiores produção de água estão localizadas nas áreas de maiores declividades e são ocupadas por florestas. Estas áreas merecem cuidado especial com relação ao seu manejo, uma vez que a maior produção de água está relacionada à maior produção de sedimentos e conseqüentemente aos processos erosivos.

A produção de água em uma bacia hidrográfica tem relação direta com o uso de manejo do solo, dessa forma é necessário a utilização de boas práticas de manejo do solo.

O modelo SWAT pode ser aplicado em estudos sobre o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica contribuindo para o planejamento e gestão dos recursos hídricos do estado de Sergipe.

6. REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, L.Z., ROEHRIG, J., CHEKOL, D.A. Calibration and Validation of SWAT Hydrologic Model for Meki Watershed, Ethiopia, CONFERENCE ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH FOR DEVELOPMENT, University of Kassel-Witzenhausen and University of Gottingen, October 9-11, 2007, 5pp.
- AGUIAR NETTO, A. O. et al. Balanço hídrico na bacia hidrográfica do rio Siriri, Sergipe. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18., 2009, Campo Grande. **Anais...**, Campo Grande: ABRH, v. 1. p. 1-11, 2009.
- ADRIOLO, M. V. et al. Calibração do modelo Swat para a produção e transporte de Sedimentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 6., 2008. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Comitê Brasileiro de Barragens, 2008.
- ARNOLD, J.G. e Allen, P.M. **Estimating hydrologic budgets for three Illinois watersheds.** Journal of Hydrology 176, 55-77. 1998
- APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20. ed. Washington:APHA,1998
- BLAINSKI, E.; SILVEIRA, F. A.; CONCEIÇÃO, G. Utilização do modelo hidrológico SWAT para estudos na microbacia hidrográfica do rio Araranguá/SC. In: TALLER INTERNATIONAL RED RIEGOS CYTED, 2008, Florianópolis. Anais...Florianópolis: CEER, 2008.
- BLAINSKI, E. et al. Simulação de cenários de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Araranguá utilizando a técnica da modelagem hidrológica. **Agropecuária Catarinense**, v.24, n.1, mar., 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas - ANA. **Diagnóstico da oferta de água bruta e avaliação preliminar de alternativas técnicas no Estado de Sergipe:** parte B. Brasília: MMA, 2005. 76p.
- DI LUZIO, M. et al. **ArcView interface for SWAT2000 - User's Guide.** Temple: Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 2002. 351p.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2a ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- GALVÁN, L. et al. Application of the SWAT model to an AMD-affected river (Meca River, SW Spain). Estimation of transported pollutant load. **Journal of Hydrology**, v. 377, p. 445-454, 2009.
- GREEN, W.H.; G.A. AMPT. Studies on soil physics, 1. The flow of air and water through soils. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, p. 11-24, 1911.
- HOLVOET , K. et al. Modificatbions to the SWAT code for modelling direct pesticide losses. **Environmental Modelling & Software**, v. 23, p. 72-81, 2008.

- KIM, J. et al. Effect of streambed bacteria release on E. coli concentrations: Monitoring and modeling with the modified SWAT. **Ecological Modelling**, v. 221, p. 1592-1604, 2010.
- KIMWAG, R. J. et al. Modelling of non-point source pollution around Lake Victoria using SWAT model: a case of Simiyu catchment Tanzania. **The Open Environmental Engineering Journal**, v. 4, p. 112-123, 2011
- LAM, Q. D.; SCHMALZ, B.; FOHRER, N. The impact of agricultural Best Management Practices on water quality in a North German lowland catchment. **Environment Monitoring Assessment**, v. 183, p. 351-379, 2011.
- LELIS, T. A. **Modelagem do escoamento superficial e perda de solo na bacia do ribeirão São Bartolomeu, Zona da Mata de Minas Gerais, utilizando o simulador SWAT**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- LINO, J. F. L.; CORSUIL, C. W.; KOBAYAMA, M. Análise da vazão da Bacia Hidrográfica do Rio Preto com o modelo SWAT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, 2009, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2009.
- MIRANDA, E. E. (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 28 mar. 2013.
- MULUNGU, M. M. D.; MUNISHI, S. E. Simiyu River catchment parameterization using SWAT model. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 32, p. 1032–1039, 2007.
- NEITSCH, S. L. et al. **Soil and Water Assessment Tool: Theoretical Documentation – Version 2005**. Temple: Agricultural Research Service (USDA) & Texas Agricultural Experiment Station (Texas A&M University), 2005. 541p.
- NEITSCH, S. L. et al. **Soil and Water Assessment Tool: Theoretical Documentation – Version 2009**. Texas Water Resources Institute Technical Report N° 406. Temple: Agricultural Research Service (USDA) & Texas Agricultural Experiment Station (Texas A&M University), 2011. 647p.
- SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe**. 2009. Disponível em <<http://www.semarh.se.gov.br>> Acesso em 05 de maio de 2012.
- SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia – Superintendência de Recursos Hídricos. **Sergipe: Atlas digital sobre recursos hídricos**. CD-ROM, 2012.
- SOUZA, Rodrigo Marcos de. SANTOS, Irani dos. KOBAYAMA, Masato. **O Modelo Swat como Ferramenta para a Gestão de Recursos Hídricos: Avaliação de**

vazões de outorga na bacia hidrográfica do Altíssimo Rio Negro. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2009.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH: Editora da UFRGS, 2005.

USDA Soil Conservation Service. **National Engineering Handbook** Section 4 Hydrology, Chapters 4-10. 1972.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÃO GERAL

Conclusão Geral

Perante estes dados estudados notamos que ocorre uma pressão antrópica razoável na bacia hidrográfica do rio Siriri. Essa pressão antrópica decorre de vários fatores sejam econômicos, sociais, culturais. Tais ações geram pressões antrópicas com consequências diretas relacionadas a qualidade da água desse corpo hídrico. Como ele apresenta uma função estratégica que é abastecimento dos municípios e comunidades que está inserido, gerir de forma correta essa bacia é garantir que a produção de água seja mantida não só em quantidade adequada, mas também com qualidade elevada.

Os fatores químicos e biológicos mensurados na bacia hidrográfica do rio Siriri a determinam que sejam classificadas na classe 3 em sua maioria de parâmetros estudados, porém ocorrem situações em que os parâmetros de classificação de classe poderiam ser elevados ou até mesmo reduzidos, mas em fatos isolados não comprometendo a qualidade geral da água.

Alguns problemas são pontuais e ocorreram em determinados anos, embora tenham ocorrido aumentos de contaminação por parte de resíduos sólidos, e tais contaminantes tiveram seus valores estabilizados na maioria das situações

Percebendo que no ano de 2008 houve uma considerável elevação na produção de sedimentos bem como presença de Fósforo e nitrogênio orgânico, caracterizado pela presença de resíduos e lançamento de efluentes não tratados, mas que conforme as informações tiveram seus índices reduzidos, dessa forma mantendo-se nos padrões aceitáveis para o abastecimento público. Nesse decorrer de anos pode-se perceber que não houve uma grande mudança nos dados estudados.

A modelagem matemática apresenta-se como uma ferramenta de gestão não só para os gestores públicos, mas para pesquisadores que venham a buscar mais detalhes referentes a essa bacia visando maiores informações relevantes para a sua gestão. Nota-se elevada presença de pastagens e cultivo de cana-de-açúcar nesta área, de certa forma colaborando de forma significativa para degradação e contaminação do solo seja por resíduos provenientes do gado, seja por resíduos provenientes das indústrias de cana-de-açúcar.

CAPÍTULO 5

SUGESTÕES

Sugestões

Como sugestão apresentamos que sejam mantidos e monitoradas os dados climatológicos, químicos e físicos desta bacia hidrográfica e que tais dados sejam disponibilizados de forma virtual a quem desejar buscar tais informações.

Que os gestores públicos façam ações educacionais nas unidades de ensino para que a comunidade local entenda a importância da preservação e fator estratégico que é a bacia Hidrográfica do Siriri.

Que ocorra uma fiscalização para detectar o lançamento de resíduos ou efluentes nesse corpo hídrico de forma que isso seja constante e que a população conheça essa ferramenta de denúncia e seja incentivada a fazer uso dela.

Que ocorra ações de gestão dos meios públicos para que as ações antrópicas sejam reparadas e na suas possibilidades encerradas.

Essas sugestões tem a função de melhorar a gestão deste corpo hídrico, ação que nem sempre é fácil e muito menos ocorre em pouco tempo. Entendemos que o sucesso de tais ações será passivo de uma chance muito maior de galgar grandes resultados para o fato que não seja uma ação temporária e ainda que população nativa e usuários da bacia hidrográfica do rio Siriri seja inserida de forma ampla, com participação e tomada de decisões no que se refere para as ações educacionais para que tenham noções do poder das consequências da degradação de uma bacia hidrográfica.

Sabemos que as bacias hidrográficas em seu contexto social e econômico ainda não são conhecidas por meio da população, dessa forma as sugestões acima citadas servem para não só uma melhor gestão da bacia hidrográfica mas também como meio de preservar um fator de extrema importância para a população mundial que são os recursos hídricos.