



CAPACIDADE DE SUPORTE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO NICOLAU (BHSN) - PIAUÍ

Cristiane Maria Cordeiro Santiago¹ 

Edson Vicente da Silva² 

Leonardo Silva Soares³ 

Destaques:

- A bacia hidrográfica tida como um sistema permite maior eficácia em estudos integrados dos elementos ambientais.
- Quanto mais vulnerável é o ambiente, menor é sua capacidade de suporte.
- Desconsiderar as limitações do ambiente a determinadas atividades, permite o desequilíbrio e a diminuição do poder de resiliência.
- Na BHSN foram identificadas grandes extensões de seu território consideradas instáveis.

Resumo: O seguinte trabalho é parte da tese de doutorado. A pesquisa em questão tem como objetivo geral analisar a capacidade de suporte dos sistemas ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio São Nicolau (BHSN) - PI. Para tanto, realizou-se levantamento bibliográfico e de materiais geocartográficos, e feitas visitas de campo. Tendo o aporte das características geoambientais, a bacia foi compartimentada em seis grandes sistemas ambientais e verificada a capacidade de suporte de cada um deles. Destaca-se que o sistema ambiental Planície fluvial, apresentou 74,61% do seu território com capacidade de suporte Muito baixa. Em geral, mais de 70% da BHSN evidenciou ambientes instáveis apesar de ser uma área cuja densidade demográfica ainda é considerada baixa. Portanto, embora a urbanização da bacia ainda seja baixa, percebe-se vastas áreas ocupadas pela atividade agropecuária e pelo extrativismo e, somada às características geoambientais da região, corroboram para a baixa capacidade de suporte da bacia sendo necessário a inserção de planejamento adequado e condizente com as limitações da bacia.

Palavras-chave: Semiárido; características geoambientais; uso do solo; ambientes instáveis.

¹ Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente e mestre em Geografia pela Universidade Federal do Ceará - UFC. Atualmente participa do Núcleo de Estudos de Geografia Física (NEGEO) da Universidade Estadual do Piauí UESPI. E-mail: cristianesantiago21@gmail.com.

² Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP - Rio Claro). Atualmente é Professor titular do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: cacauceara@gmail.com.

³ Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Atualmente é professor do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail: leonardoufma@yahoo.com.br.

SUPPORT CAPACITY OF THE ENVIRONMENTAL SYSTEMS AT THE SÃO NICOLAU RIVER BASIN (SNRB), PIAUÍ

Abstract: This paper is part of a doctoral thesis focused on analyzing the support capacity of the environmental systems at the São Nicolau River Basin (SNRB), Piauí, Brazil, by means of bibliographic and geo-mapping surveys and field visits. Based on geoenvironmental characteristics, the basin was divided into six large environmental systems and their respective support capacity was verified. Results highlight that the Fluvial Plane environmental system, representing 74.61% of the basin's territory, has very low support capacity. Overall, more than 70% of the SNRB showed unstable environments despite being an area of low population density. Despite such low urbanization, the vast areas occupied by agricultural activities and extractivism together with its geoenvironmental characteristics corroborate the low support capacity of the basin. Thus, adequate planning that is consistent with the basin's limitations is necessary.

Keywords: Semiarid; Geoenvironmental Features; Land Use; Unstable Environments.

CAPACIDAD DE SUSTENTACIÓN DE LOS SISTEMAS AMBIENTALES DE LA CUENCA DEL RÍO SÃO NICOLAU (CRSN), PIAUÍ

Resumen: Este trabajo forma parte de la tesis doctoral con el objetivo general de analizar la capacidad de sustentación de los sistemas ambientales de la Cuenca del Río São Nicolau (CRSN), en Piauí (Brasil). Para ello se realizó un levantamiento bibliográfico y de materiales geocartográficos, y se realizaron visitas de campo. Con el aporte de las características geoambientales se dividió la cuenca en seis grandes sistemas ambientales y se verificó la capacidad de sustentación de cada uno. Se destaca que el sistema ambiental del Plano Fluvial presentó el 74,61% de su territorio con muy baja capacidad de sustentación. En general, más del 70% de la CRSN mostró ambientes inestables a pesar de ser un área con densidad de población aún baja. Por lo tanto, si bien la urbanización de la cuenca aún es baja, existen vastas áreas ocupadas por la actividad agropecuaria y extractivista que, sumadas a las características geoambientales de la región, corroboran la baja capacidad de sustentación de la cuenca. Por tanto, son necesarias infraestructuras adecuadas y planificación acordes con las limitaciones de la cuenca.

Palabras clave: Semiárido; Características geoambientales; Uso del suelo; Ambientes inestables.

INTRODUÇÃO

As formas de uso e ocupação, na maioria das vezes, são realizadas sem levar em consideração a fragilidade e as limitações nos diferentes sistemas ambientais. A pressão sobre os recursos naturais se torna ainda mais evidente em zonas secas, como a região semiárida, cujo domínio morfoclimático é caracterizado por sua fragilidade e alta suscetibilidade às pressões geradas pelas ações antrópicas.

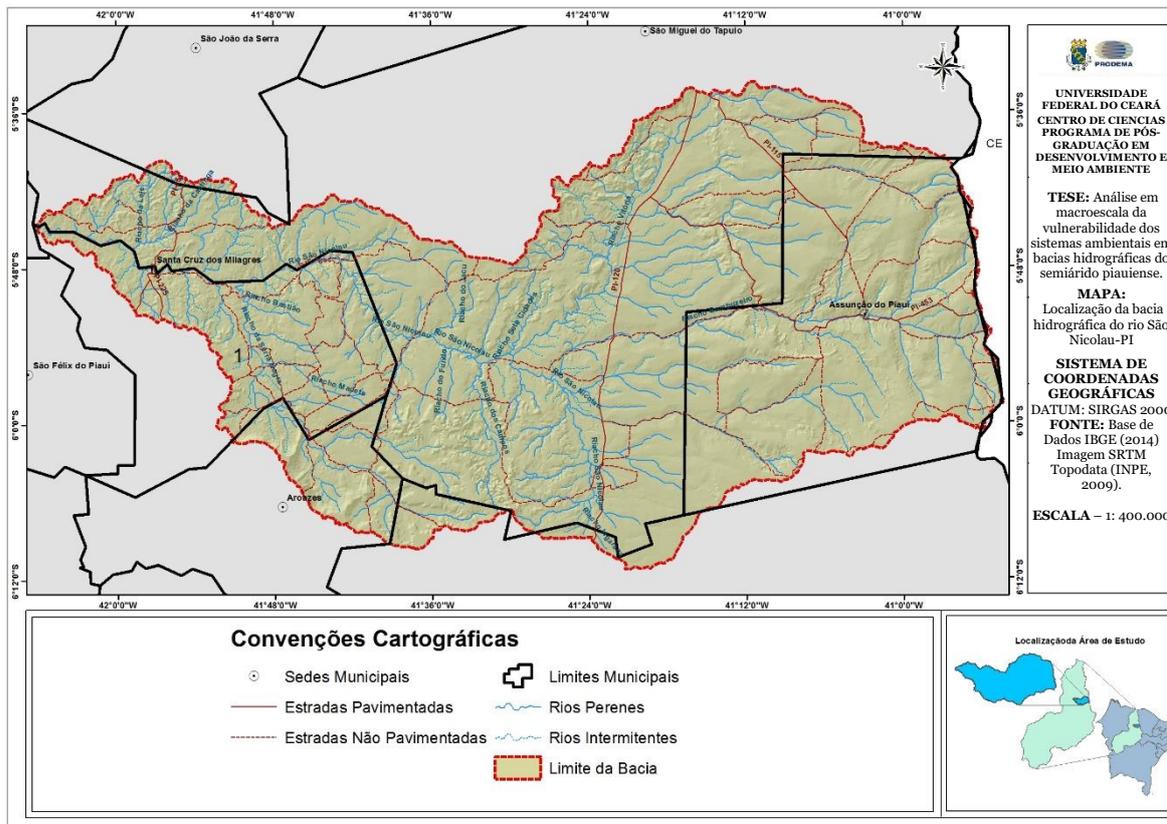
O seguinte trabalho é parte da tese de doutorado, cujo recorte está baseado na perspectiva sistêmica que permite compreender que os

componentes e os fenômenos naturais se integram, efetuando troca de energia e matéria.

A bacia hidrográfica, tida como um sistema aberto, permite apreender com maior eficácia os resultados quando a intenção é realizar um estudo integrado dos elementos ambientais. Pois ela admite compreender, não somente a dinâmica ambiental, as questões sociais, as potencialidades/fragilidades, mas também as causas e consequências do uso e ocupação do solo. A unidade de análise deste estudo, em particular, é a bacia hidrográfica do rio São Nicolau – BHSN, localizada na região do semiárido piauiense.

A BHSN está localizada na região Centro-Norte do Estado do Piauí e perfaz uma área aproximada de 5.389,8 km², abrangendo parte dos municípios de Assunção do Piauí, São Miguel do Tapuio, Pimenteiras, Aroazes, Santa Cruz dos Milagres e São João da Serra (Santiago, 2014, 2019). Esta é uma das mais significativas sub-bacias que compõe a bacia hidrográfica do rio Poti. O rio São Nicolau nasce próximo ao limite dos Estados do Piauí e Ceará, cruza o território piauiense no sentido E-W e deságua no rio Sambito, afluente do rio Poti, próximo à cidade de Prata do Piauí-PI (Mapa 1).

Figura 1 - Localização geográfica da Bacia Hidrográfica do Rio São Nicolau



Fonte: Santiago (2019).

A paisagem que configura a BHSN forma cenários típicos no domínio semiárido. E, juntamente com as condições de menor profundidade do lençol subterrâneo, contribui para o regime de escoamento de caráter permanente do rio Poti, o qual se inicia a partir do seu baixo curso tendo como referência a cidade de Prata do Piauí (LIMA, 1982).

Este domínio faz parte do grupo dos biomas brasileiros mais ameaçados segundo o IBAMA, devido ao uso inadequado de muito de seus recursos. Com características peculiares, estudos precisam ser realizados e atualizados constantemente, de modo a mapear os riscos e a vulnerabilidade ambiental e social e assim favorecer a construção de um planejamento adequado, considerando a capacidade de suporte deste ambiente.

O Estado do Piauí possuía cerca de 60% de território inserido no domínio semiárido nordestino segundo Pereira Jr. (2007). Com a nova delimitação realizada em 2017, considerando as condições climáticas e de desenvolvimento socioeconômico da população residente na região, mais 36 municípios

piauienses foram inseridos nesse domínio, passando a abranger cerca de 200.610 km² de extensão (BRASIL, 2017).

Destaca-se algumas particularidades sobre o semiárido piauiense, já que boa parte da região que compreende este domínio é notada pela escassez de água. Ao contrário, extensas áreas semiáridas do Piauí apresentam um diferencial, água subterrânea em abundância e de boa qualidade. Isso ocorre devido à base geológica do território piauiense, constituída em sua maioria por terrenos de rochas sedimentares, o que permite baixo escoamento superficial e maior capacidade de infiltração, conseqüentemente, maior armazenamento de água no subsolo (SANTIAGO, 2014, 2019).

Diante de tais características, infelizmente, a exploração cada vez mais intensa dos seus recursos naturais e surgimento de novas formas de uso do solo, como por exemplo, o agronegócio, que recentemente percebeu na região semiárida piauiense uma possibilidade de sucesso no ramo, vem contribuindo para surgir e/ou acelerar o processo de degradação do semiárido no território piauiense. Silva *et al.* (2010) afirma que os fortes processos de desertificação e perda gradual da fertilidade biológica do solo são algumas das conseqüências do uso inadequado do solo no domínio semiárido.

Ross (1990) diz que a fragilidade dos ambientes naturais face às intervenções antrópicas é maior ou menor em função de sua gênese. A princípio, salvo algumas exceções no planeta, os ambientes naturais mostram-se ou então se mostravam em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a explorar os recursos naturais. E, a capacidade de suporte está relacionada à resistência de um determinado ambiente em manter-se em equilíbrio.

Com isso, verifica-se a interrelação com a vulnerabilidade visto que, quanto mais vulnerável é o ambiente, menor é sua capacidade de suporte. Evidentemente, a falta de políticas ambientais que levem em consideração a capacidade de suporte do ambiente contribui para o desequilíbrio nos sistemas ambientais. Especialmente em regiões onde há uma população vulnerável socioeconomicamente e/ou em ambientes naturalmente frágeis e que dependem de decisões políticas cujo planejamento, na maioria das vezes, não condiz com a realidade. Diante disso, a pesquisa tem como indagação: qual a capacidade de

suporte dos sistemas ambientais que constituem a BHSN, uma vez que a área da bacia perpassa por grandes transformações ambientais?

Grande parte dos problemas relacionados à erosão, assoreamento, qualidade de água etc., se deve ao processo de ocupação desordenada que produziu efeitos nefastos no ambiente. A ação antrópica sobre as encostas, por exemplo, tem causado uma gama de impactos ambientais, seja no próprio local (*onsite*), como diminuição da fertilidade do solo e da capacidade deste em reter água, culminando com processos erosivos acentuados; seja fora dele (*offsite*), por meio do escoamento da água e sedimentos, causando danos agrícolas e, dependendo do local, pode contribuir para as enchentes, assoreamento dos rios, lagos e reservatórios, dentre outros problemas (GUERRA; MENDONÇA, 2004).

Tricart (1977), referindo-se a ecodinâmica, diz que a ação humana é exercida em uma natureza mutante, que evolui segundo suas próprias leis. E, estudar a organização do espaço é definir como uma ação se insere na dinâmica natural para ajustar os aspectos desfavoráveis e facilitar a exploração dos recursos ecológicos oferecidos. A ecodinâmica estuda a organização do espaço a fim de determinar como a ação humana influi na dinâmica natural (CARVALHO, 2011). Os meios morfodinâmicos considerados em função da intensidade dos processos são classificados como meios estáveis, intergrades e fortemente instáveis.

Sendo que, os meios estáveis são vistos com uma evolução lenta, dificilmente perceptível, não comportam dinamismos violentos, normalmente encontram-se em regiões dotadas de características como: cobertura vegetal densa, grau de dissecação moderada com vertentes de lenta evolução, ausência de atividades vulcânicas as quais promovem rápidas e catastróficas mudanças no meio (TRICART, 1977).

O sistema é considerado estável à medida que apresenta a menor flutuação e/ou recupera-se mais rapidamente. Essa noção de estabilidade permite realçar dois aspectos: o primeiro refere-se à resistência, que consiste na capacidade do sistema em conservar-se sem ser afetado pelos distúrbios externos sendo também chamado de inércia. Ou seja, as flutuações observadas nas forças controladoras não ocasionam decorrências no sistema. O segundo aspecto diz respeito à resiliência, refletindo a capacidade do sistema em

retornar ao estado original após ser afetado pela ação de distúrbios externos (CHRISTOFOLETTI, 1999).

De acordo com Santos (2007, p.20), resiliência é “a capacidade de um sistema em retornar ao seu estado de equilíbrio após sofrer um distúrbio”. Em um território de baixa persistência e baixa resiliência é provável que se apresente com grau de vulnerabilidade alta e, neste caso, quase sempre há danos irreparáveis.

Há de se verificar que, desde os primórdios da colonização ocorreu um processo de ocupação predatória na região semiárida, que não considerou a capacidade de suporte dos sistemas ambientais, provocando processos de degradação que, em alguns casos, exibem evidentes traços de desertificação. É nesse contexto, que surge a necessidade do desenvolvimento de ações e programas com vistas à melhoria das condições socioambientais nessas regiões e considerando a fragilidade dos sistemas (SOUZA; SANTOS; OLIVEIRA, 2012).

No que se refere aos meios intergrades, Tricart (1977) conceitua como aqueles de passagem gradual entre os meios estáveis e instáveis. O que caracteriza este meio é a interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre o mesmo espaço. Estes são delicados e suscetíveis a fenômenos de amplificação, transformando em meios instáveis cuja exploração fica comprometida.

Nos meios fortemente instáveis, a morfogênese predomina a dinâmica natural sendo fator determinante do sistema natural, em que outros elementos estão subordinados. Determinada situação deve ter diferentes origens. A geodinâmica interna, como o vulcanismo, cujos efeitos são imediatos. Outro fator que intervém é a cobertura vegetal, pois introduz uma influência indireta do clima, sendo a maior instabilidade realizada nas regiões de forte instabilidade climática modificando a paisagem através da readaptação (TRICART, 1977).

Como meio instável, Ross (1990) conceitua-o como sendo aquele cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente o ambiente natural através dos desmatamentos e práticas diversas advindas das atividades econômicas.

Ele utilizou-se dos conceitos trabalhados por Tricart e na oportunidade inseriu novos critérios para definir as Unidades Ecodinâmicas Estáveis e

Unidades Ecodinâmicas Instáveis, as quais irão definir a fragilidade potencial e emergente do meio. Ross (1990) estendeu o uso dos conceitos em vários graus. São eles: Instabilidade Muito Fraca; Fraca; Médio; Forte; Muito Forte, de modo que, ao serem usados para analisar e classificar determinado ambiente, eles pudessem ser usados como subsídio ao Planejamento Ambiental.

Diante disso, a pesquisa tem como objetivo geral analisar a capacidade de suporte dos sistemas ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio São Nicolau - PI. E, como específicos, realizar a caracterização físicoambiental com base no levantamento de informações pré-existentes; delimitar os sistemas ambientais da bacia hidrográfica do rio São Nicolau; identificar a capacidade de suporte com base nos princípios da ecodinâmica de Tricart (1977) e no método de Crepani *et al.* (2001).

METODOLOGIA

A bacia foi analisada sob uma perspectiva dimensional, em escala de 1: 400.000, devido à grande extensão da área de estudo.

Realizaram-se levantamentos bibliográficos sobre sistemas ambientais, bacias hidrográficas, ecodinâmica e capacidade de suporte. Neste aspecto foram consultados os dados obtidos no estudo realizado no estudo em 2014 em que, por meio do diagnóstico físico conservacionista – DFC da bacia, foram obtidos os níveis de degradação/ conservação da BHSN. Foram coletados materiais geocartográficos (mapas, imagens de satélite) para coleta de dados e elaboração de mapas temáticos. Além de consulta às instituições, como: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMAR-PI), Centro de Pesquisas Sociais e Econômicas do Piauí (CEPRO); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e prefeituras da área em foco (quadro 01).

Quadro 1 - Síntese dos arquivos obtidos nas instituições consultadas

| INSTITUIÇÃO | DADOS |
|--------------------|--|
| IBGE e CEPRO | Censo demográfico, mapas geológicos e geomorfológicos. |
| CPRM | Cartas topográficas, mapas geológicos. |

| | |
|----------------|--|
| MMA | Imagens <i>raster</i> cobertura vegetal. |
| INMET | Climograma da área, informações sobre o clima. |
| EMBRAPA e INPE | Imagens SRTM Topodata com resolução espacial de 30m. |

Fonte: Santiago (2022).

As imagens foram tratadas no programa Arcgis 10.1 Este software também foi essencial na confecção dos mapas temáticos e no cruzamento entre eles de acordo com os objetivos da pesquisa.

Também foram levantadas informações a respeito dos tipos de solo, vegetação, hidrografia, aspectos climáticos e as formas de uso e cobertura da terra na bacia conforme os dados primários e supervisão de campo.

Foram feitas visitas de campo no período setembro e novembro de 2016, período caracterizado pela seca na região. E, em seguida, realizou-se no mês de março do ano de 2017, período chuvoso. Essas visitas foram necessárias para fins de constatação e acréscimo de informações, tendo como base uma matriz de campo.

De posse do levantamento físicoambiental da bacia, os sistemas ambientais físicos foram compartimentados tendo como base as características geomorfológicas da área de estudo considerando ser mais eficiente a delimitação pelo relevo e as feições. Sendo assim, a bacia foi dividida em seis grandes sistemas ambientais (Reverso Superior, Reverso Médio, Reverso inferior, vales fluviais, Superfície Aplainada e Planície Fluvial).

Tendo o aporte das características da bacia foi verificada a capacidade de suporte de cada sistema ambiental fundamentando-se nos princípios da ecodinâmica de Tricart (1977) e no método quantitativo de Crepani *et al.* (2001) por meio do qual se analisa a vulnerabilidade ambiental dos aspectos físicos, o qual faz definição de valores e o cruzamento deles para gerar atributos por meio de técnicas de geoprocessamento.

Com base nos princípios da ecodinâmica podem-se estabelecer unidades morfodinâmicas em função do balanço entre a morfogênese e a pedogênese para avaliar o grau de estabilidade. Nesta análise quando predomina a morfogênese, prevalecem os processos erosivos que são os modificadores das formas de

relevo, e quando predomina a pedogênese sobressaem-se os processos formadores de solos (CREPANI *et al.*, 2001).

Para análise integrada dos elementos a metodologia de Crepani *et al.* (2001) define um modelo onde se buscou a avaliação empírica do estágio de evolução morfodinâmica das Unidades Territoriais Básicas (UTBs), em que valores de estabilidade foram atribuídos às categorias morfodinâmicas. Cada unidade territorial básica, segundo Crepani *et al.* (2001), é composta pelos elementos geoambientais como Geologia, Geomorfologia, Vegetação, Clima e Solos.

Para definição deste parâmetro foi necessária à identificação da dinâmica resultante da relação entre estes elementos, com auxílio de imagens e sobreposição dos mapas temáticos. Ao atribuir os valores para cada elemento geoambiental, os dados foram calculados com auxílio do software Arcgis 10.1. Posteriormente, foi realizada a álgebra de mapas no mesmo programa, obtendo assim, a capacidade de suporte em cada sistema ambiental da bacia.

Os sistemas da bacia foram classificados em ambientes estáveis, de transição e instáveis, levando em consideração os processos da pedogênese e a morfogênese determinada no estudo da ecodinâmica de Tricart (1977). E, em seguida, foram estabelecidas as classes de vulnerabilidade conforme Crepani *et al.*, (2001), que sugere espacializar os níveis da capacidade de suporte nos diferentes sistemas. Com isso, obtiveram-se as seguintes classificações para a área de estudo: Capacidade de suporte Muito baixa, Baixa, Média e Alta.

Para efeito associativo à denominação proposta por Tricart (1977), as áreas consideradas com a capacidade de suporte muito baixa e baixa ao uso e ocupação são aquelas identificadas instáveis, por possuir uma dinâmica ambiental sensível a atividades econômicas intensas e que geram impactos ambientais negativos sobre o meio. O desmatamento pode acentuar ainda mais a fragilidade do ambiente afetando a capacidade da natureza em restabelecer seu equilíbrio.

As áreas que possuem capacidade de suporte média são aquelas classificadas como ambiente intergrades. Já os ambientes que apresentam capacidade de suporte alta estão associados a um ambiente Moderadamente

Estável, onde a ação antrópica pode atuar por meio da realização de atividades de modo sustentável.

A Capacidade de Suporte é diretamente proporcional a sua capacidade de resiliência e resistência frente às interferências antrópicas. Com isso, convencionou denominar que os meios instáveis são os detentores de capacidade de suporte baixa ao uso e ocupação, por acreditar que esse tipo de ambiente possui uma dinâmica ambiental muito intensa e sensível ao desmatamento. Por sua vez, os ambientes de transição são detentores de capacidade de suporte média a baixa. E os meios estáveis possuem capacidade de suporte alta onde a ação antrópica pode desenvolver níveis de exploração de forma sustentável (CARVALHO, 2011).

ANÁLISE DA CAPACIDADE DE SUPORTE DOS SISTEMAS AMBIENTAIS DA BHSN- PIAUÍ

Caracterização geoambiental da Bacia e delimitação dos sistemas

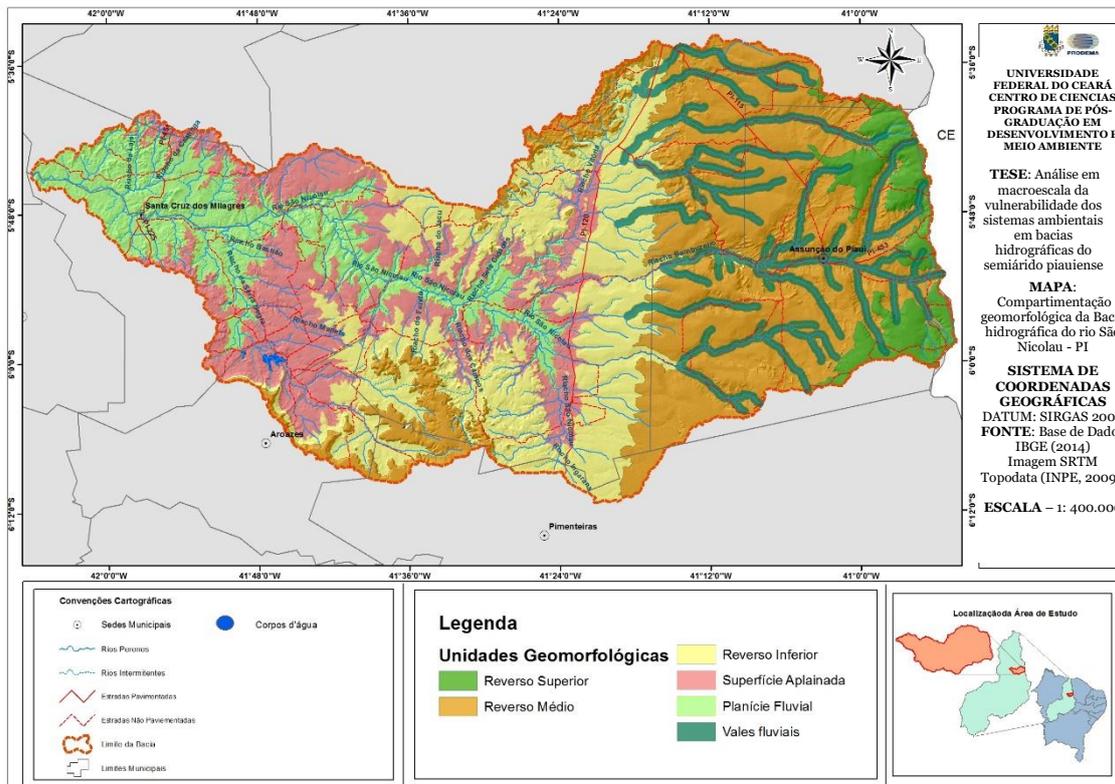
A bacia do rio São Nicolau engloba parte de seis municípios situados na região centro-norte do semiárido piauiense, compreendendo uma área de aproximadamente 5.389,8 km². Dos seis municípios, Assunção do Piauí, São Miguel do Tapuio e Santa Cruz dos Milagres são os mais representativos, cerca de 87,75%, 55,46%, 63,80%, respectivamente, de seus territórios municipais apresentam-se nos limites topográficos da bacia. Os municípios de Pimenteiras e Aroazes e São João da Serra possuem juntos somente 5,27% de suas áreas inseridas no perímetro da mesma (Santiago, 2019). Tendo em vista esse arranjo espacial, realizou-se a compartimentação da bacia em seis sistemas ambientais para melhor compreensão e espacialização dos dados coletados.

A princípio, a caracterização geoambiental (geologia, geomorfologia, solo, hidrografia, clima e vegetação) foi elencada conforme as particularidades de cada curso da bacia (alto, médio e baixo curso). A integração dos componentes, de forma a diferenciar cada sistema ambiental no que concerne a estrutura e dinâmica, possibilitou a correlação com a capacidade de suporte para a qual foram considerados os princípios da ecodinâmica.

A compartimentação geomorfológica da bacia apresentou seis feições, que se tomou como base para a divisão dos sistemas ambientais, mantendo-se a mesma denominação. No alto curso, a extremo leste, há o que se denominou de sistema ambiental *Reverso Superior*, sequenciado pelo *Reverso Médio*, que abriga quase que a totalidade do setor circundado por extensas áreas do sistema ambiental *Reverso inferior*. Nessas feições encontram-se os *Vales fluviais* encaixados com vertentes retilíneas e íngremes, resultantes da dissecação fluvial recente. A incisão dos rios isola os divisores internos povoados de *inselbergs*, pedimentos e alvéolos pedimentares em toda a sua extensão. Essa feição se estende até o médio curso, tendo em seu entorno o sistema ambiental *Superfície Aplainada* e o sistema *Planície Fluvial* que se expandem pelo baixo curso da bacia (Mapa 02).

Dentre as características geoambientais, destaca-se que a curva hipsométrica e a declividade mostraram, por meio da representação gráfica, um relevo mediano na bacia. Nisso, foi importante observar os níveis altimétricos em cada setor denotando uma área de reverso de cuesta onde se encontra a nascente do rio São Nicolau em uma altitude de 750m o qual decresce conforme a declividade da bacia Piauí-maranhão, até desaguar no rio Sambito numa altitude de 50m acima do nível do mar (Santiago, 2014). O terreno apresenta declividade predominantemente plana e suave ondulada, mas há áreas em que o declive é mais acentuado, especialmente nos vales fluviais e reverso médio.

Figura 2 - Compartimentação geomorfológica /disposição dos sistemas ambientais da BHSN- PI



Fonte: Santiago (2019).

A síntese das características por cada um dos sistemas ambientais identificados na bacia está apresentada no quadro 02, assim como as informações inerentes as características geológicas, geomorfológicas, hidrográficas, climáticas, pedológicas, de vegetação acrescidos das formas de uso e cobertura para cada um deles cuja delimitação dos mesmos se deu com base na geomorfologia da bacia.

Quadro 2 - Caracterização geoambiental e social dos Sistemas Ambientais da BHSN

| SISTEMAS AMBIENTAIS | REVERSO SUPERIOR | REVERSO MÉDIO | REVERSO INFERIOR | VALES FLUVIAIS | SUPERFÍCIE APLAINADA | PLANÍCIE FLUVIAL |
|--|---|---|---|---|--|---|
| EXTENSAO | 266 Km ² | 1501 Km ² | 1288 Km ² | 578 Km ² | 987 Km ² | 759 Km ² |
| GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA SOLO | Grupo Formação Serra Grande, compreende um conjunto de platôs e planaltos mais rebaixados com características residuais, originando um Neossolo Litólico e Neossolo Quartzarênico | Depósitos Colúvio –Eluviais; a Formação Longá, Cabeças e Pimenteiras dá base a Superfícies tabulares estruturais, dissecado em cristas com controle estrutural, dissecado de mesas e superfícies estruturais pediplanadas. Predomina o Latossolo Amarelo, Argissolos e Neossolo Quartzarênico | Sua base é da Formação Piauí, Poti e Longá. Contem superfícies tabulares estruturais, dissecado em grupamento de mesas que originam o Latossolo e Neossolo Quartzarênico. | Formação Serra Grande e Pimenteiras. Vales encaixados com vertentes retilíneas e declivosas, resultantes da dissecação fluvial recente. Apresenta deposição de planícies aluviais restritas em vales fechados. A incisão dos rios isola os divisores internos povoados de <i>inselbergs</i> , pedimentos e alvéolos pedimentares em toda a extensão. Predomínio de Latossolos, neossolos litólicos e neossolos Quartzarênico. | Formação cabeças, e depósitos colúvio -eluviais. Predomínio de relevo dissecado em ravinas e vales encaixados; Superfícies estruturais pediplanadas. Dando origem a Latossolo e Neossolo litólico. | Sedimentos aluviais com areias mal selecionadas incluindo siltes, argilas e cascalhos. Áreas planas em faixas de aluviões recentes e inundáveis. Apresenta Neossolos Flúvicos e Argissolos. |

| | | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|--|
| CLIMA VEGETAÇÃO DRENAGEM | Semiárido com presença de Carrasco. Possui rios com escoamento retilíneo e de regime predominantemente intermitentes | Semiárido com presença da vegetação de caatinga arbórea. Possui rios com escoamento retilíneo e de regime predominantemente e intermitentes. | Clima Seco Subsumido Com predomínio da Caatinga e alguns traços de vegetação de cerrado. Drenagem dentrítica | Clima Semiárido. Os fundos de vales são revestidos de matas ciliares, onde predomina a carnaúba. Os rios que drenam esta área correspondem a grande parte dos afluentes que formam o alto e médio curso do rio São Nicolau. | Clima Seco Subsumido Zona com características de área de transição, vegetação típica de cerrado e da caatinga arbórea arbustiva. Escoamento Superficial com rios de padrões retilíneos. | Tropical Matas ciliares Escoamento superficial de padrão retilíneo, do tipo Intermitente mas com predomínios de cursos perenes no baixo curso. Sazonal em fluxo lento |
| USO E OCUPAÇÃO | Atividade agropecuária: criação de bovinos, ovinos e caprinos; cultivos temporários. | Atividade agropecuária: criação de caprinos, bovinos; cultivos temporários. | Atividade agropecuária: Criação de caprinos, bovinos. Cultivos temporários. Cultivos temporários. | Pouco urbanizado, presença de grandes plantios temporários, ocupação predominante de atividades agropecuárias, em pequenas e médias propriedades. | Produção de arroz, fava, feijão, milho, mamona, mandioca e melancia; extração de cera de carnaúba e de madeira para carvão, tora e lenha, pecuária; Piscicultura. | Mata ciliar degradada; Extrativismo vegetal e mineral; Agricultura irrigada, Atividade turística: Grandes investimentos em infraestrutura de suporte; Atividade agropecuária; turismo, piscicultura. |
| PROBLEMAS E IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS | Erosão laminar, queimadas, solo exposto. | Erosão, extração de água subterrânea, solo exposto. | Pisoteio excessivo, perda da qualidade do solo, erosão em sulcos. | Contaminação dos cursos fluviais por agrotóxicos, solo exposto em vertente íngreme, retirada da mata ciliar, erosão em sulcos. | Erosão em sulcos, evolução para voçorocas, uso intensivo da terra pela agricultura e pecuária. Contaminação por agrotóxicos. | Contaminação do rio por efluentes, má qualidade da água ofertada, retirada da mata ciliar, solo exposto causando erosão. Poluições. |

Fonte: Santiago (2019).

A dinâmica natural proporciona a cada sistema ambiental a constante busca pelo equilíbrio. A compartimentação dos sistemas permite a compreensão dessa dinâmica. Conforme suas particularidades possibilita uma visão mais compreensiva também da interferência antrópica nesse ambiente.

Não obstante, o desconhecimento das limitações do ambiente a determinadas atividades, possibilita a quebra constante do equilíbrio e a diminuição do poder de resiliência dos sistemas, tornando-os mais vulneráveis as intempéries. Com isso, áreas degradadas e conseqüentemente, abandonadas na região da BHSN, são mais frequentes com o passar dos anos, conforme se observou nos estudos relacionados à dinâmica e as condições ambientais da bacia realizados entre os anos de 2012 e 2019.

Análise da capacidade de suporte da BHSN

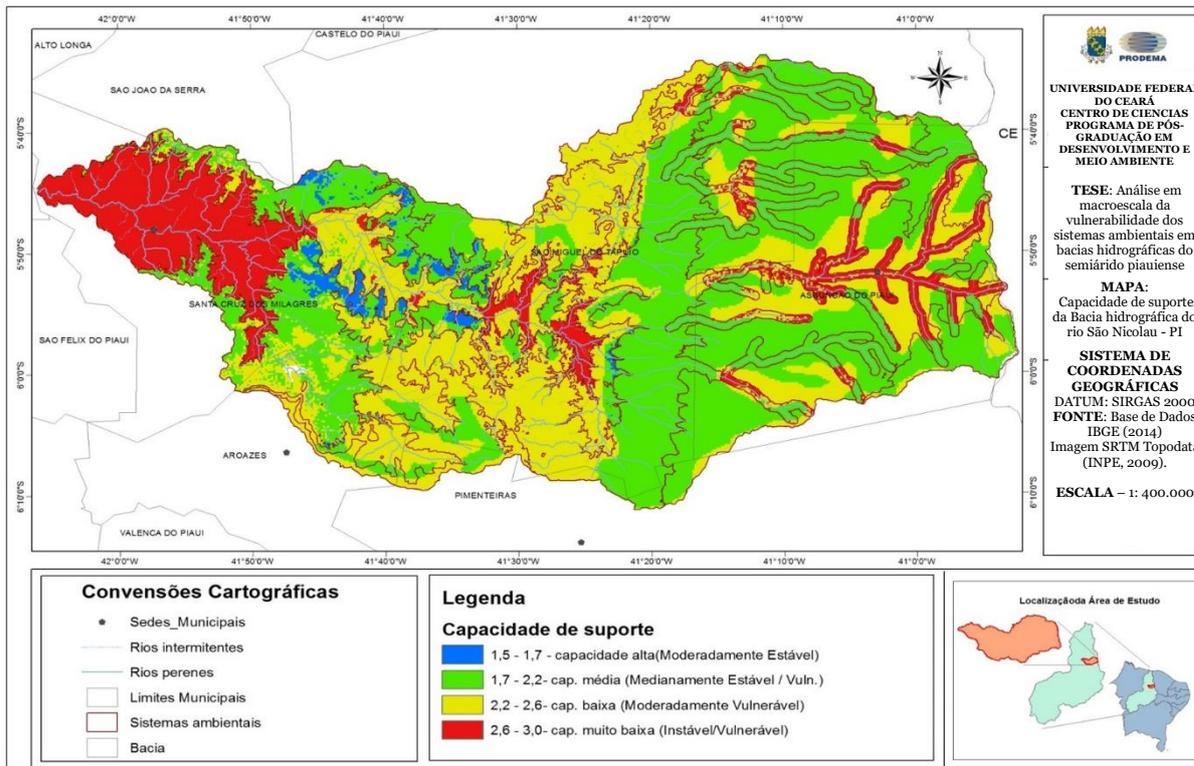
Diante do levantamento dos dados iniciais, foi possível mensurar a capacidade de suporte em cada um dos sistemas ambientais da BHSN.

Nesse caso, a capacidade de suporte de cada sistema ambiental estão espacializadas no mapa 03.

Diante do exposto na espacialização da capacidade de suporte presente em cada sistema ambiental da bacia observa-se, de modo geral, que os níveis variaram desde as classes Muito baixa a Alta, não havendo, portanto, áreas na bacia com capacidade de suporte Muito Alta, sendo esta, o mais alto nível dentro da classificação de Crepani *et al.*, (2001) em sua metodologia.

Quase todos os sistemas ambientais apresentaram áreas cuja capacidade de suporte variou desde baixa a alta. Notou-se que as áreas que apresentaram níveis de capacidade de suporte baixo a muito baixo são aquelas cujo tipo de solo predominante é o latossolo amarelo, neossolo litólico e o plintossolo, são as áreas que também detém relevo acentuado com os maiores graus de declividade da bacia. É o caso de parte do sistema ambiental: *Vales fluviais*. Assim também ocorre em áreas onde o processo de pedogênese é mais atuante, como é o caso do sistema: *Planície Fluvial*.

Figura 3 - Capacidade de suporte dos sistemas ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio São Nicolau



Fonte: Santiago (2019).

Ao associar as áreas com baixa capacidade de suporte ao uso, estas são justamente aquelas cuja ocupação predominante é atividade agropecuária e que há a utilização direta dos recursos hídricos para tal atividade. No sistema *Vales fluviais* há o uso agrícola devido a umidade fornecida nessas áreas. Pois, apesar de estar numa região onde as médias pluviométricas não são altas, como se mostra o clima semiárido, a própria morfologia da região favorece o acúmulo de água que, por sua vez, permite utilização das vertentes por mais tempo no decorrer do ano.

Nas áreas cuja capacidade de suporte detectada varia de média a alta observa-se que há predomínio de vegetação herbácea e do tipo arbóreo-arbustivo, o que proporciona uma proteção maior do solo. Notadamente, em parte dessas áreas ocorre maior incidência de chuvas o que caracteriza um clima menos severo que se percebe a partir do médio curso da bacia em diante em comparação ao regime fluvial espelhado na vegetação presente no alto curso da mesma. Entretanto, atividades que requerem o preparo de terras e ação de

desmatamento, como é o caso de atividades agropecuárias, sobretudo os cultivos temporários são muito frequentes.

O solo desprotegido devido a retirada da vegetação acelera o transporte de sedimentos provocando processos erosivos bastante acentuados, uma vez que, a capacidade de suporte média é evidente nas áreas de declividade considerável presente nos sistemas ambientais.

O sistema ambiental *Planície fluvial* detém áreas com capacidade de suporte no intervalo entre Muito baixa a Média. Sendo que sua maior parte arresta esta primeira classe, o que é preocupante, pois é nesse sistema que o rio São Nicolau apresenta-se com regime fluvial perene e é onde se encontra também a maior densidade populacional da bacia, a sede do município de Santa Cruz dos Milagres, mais precisamente, no baixo curso da bacia. Lá estão grande parte das áreas cultivadas.

A agropecuária é atuante por toda a área da bacia. Mas, nessa região, em específico é importante frisar que há a presença de outros serviços, sobretudo, a atividade turística. E, essa atividade quando realizada sem o devido planejamento traz consequências negativas para qualquer que seja o ambiente natural, haja vista, aqueles que se apresentam naturalmente frágeis, como é o caso da classe de vulnerabilidade detectada no sistema ambiental denominado *Planície fluvial*.

O aumento da vazão dos rios no período chuvoso permite constante modificação dessas áreas. Sendo uma área com intensa deposição de detritos, como se caracteriza a planície fluvial, esta possui grandes áreas que remete instabilidade por estar sujeita a inundação periódica, com sedimentos ricos em matéria orgânica de origem continental. Apresenta Neossolo flúvicos e litólico intercalados com o Argissolos e o plintossolo parcialmente degradados. Nesta região, a declividade apresenta-se de suave ondulada a ondulada. É uma área com presença de vegetação arbórea arbustiva e grande concentração de cultivos temporários, mata ciliar pouco degradada, mas, com presença forte de agricultura irrigada, além do extrativismo vegetal e mineral. É uma área com grande potencial recreativo, lazer e turístico.

O sistema ambiental *Reverso médio* apresentou níveis de capacidade de suporte, em sua maioria, média e em áreas de declividade mais acentuada

apresentou capacidade baixa. Esse sistema possui declividade predominantemente suave ondulada, mas existem algumas áreas de relevo fortemente onduladas o que remete instabilidade limitando a exploração socioeconômica. O relevo dá suporte a solos do tipo Neossolo litólico, Neossolo Quartzarênico e Latossolo amarelo. Essa região apresenta clima semiárido com pouca presença de chuvas refletindo numa vegetação escassa no período seco o que lhe concede outro fator limitante, pois a vegetação não é suficiente para a proteção do solo contra a erosão, inclusive nas vertentes. Há o predomínio de vegetação herbácea, arbustiva e cultivos temporários, sugerindo uma região com processos morfogenéticos intensos que podem explicar os níveis de capacidade de suporte apresentados nesse sistema.

O sistema ambiental *Vales fluviais* inclui-se em relevo com classes de declividade variando de fortemente ondulado a montanhoso. Apresenta nos fundos dos vales, cobertura vegetal com presença de carnaubais e geralmente os terrenos são usados para cultivos temporários e/ou permanentes, devido a umidade do mesmo como posto acima. Também são feitos plantios nas vertentes íngremes, retirando a proteção da vegetação natural; outra atividade socioeconômica presente neste sistema é o extrativismo vegetal e mineral. Detém o mesmo perfil de solo que o anterior, com predomínio de Neossolos litólicos, que são solos rasos.

Estas especificações afirmam áreas dentro desse sistema que detém capacidade de suporte Média e Baixa, mas há forte predomínio de capacidade Muito baixa, reportando ambientes instáveis que necessitam de controle no que diz respeito às formas de uso e cobertura. Atividades desenvolvidas sem o devido controle às limitações do ambiente podem comprometer o ambiente natural com o aparecimento de processos erosivos, e dependendo dos níveis de produção, podem comprometer a qualidade e quantidade dos cursos d'água também.

As principais limitações estão relacionadas às condições do relevo da região, cuja declividade acentuada em alguns pontos favorece sobremaneira a erosão e os movimentos de massa. A irregularidade das chuvas também é um fator limitante, isso devido à ocorrência de longos períodos de estiagem e presença de chuvas torrenciais no período chuvoso.

O *Reverso inferior*, por sua vez, é o sistema ambiental onde foram identificadas áreas de capacidade de suporte Baixa, Média e uma pequena parcela da sua área com capacidade de suporte Alta. Esse sistema refere-se a compartimentação do relevo que apresenta solos do tipo Neossolo litólico e Quartzarênico considerados solos instáveis. Também há predomínio do solo Latossolo amarelo.

O sistema em questão possui uma declividade variando entre as classes de relevo ondulado a montanhoso, ou seja, acima de 40%, o que representa fatores que remetem a instabilidade da área também. A caatinga se apresenta fortemente degradada, há predomínio de pecuária extensiva nessa região. A limitação à forma de uso e ocupação torna-se moderada nas áreas menos íngremes e onde os recursos naturais encontram-se mais preservados, e torna-se alta nas vertentes e nas áreas mais degradadas deste sistema como visto em campo.

O sistema ambiental denominado *Superfície aplainada* apresenta solos do tipo neossolos quartzarênico, litólicos e latossolo amarelo. Exibe vegetação herbácea e do tipo arbóreo-arbustivo, o que proporciona uma proteção maior do solo já que esta é uma área onde ocorre maior incidência de chuvas na área da bacia. Com classe de declividade suave ondulado, o processo pedogenético está atuando constantemente, ao passo que a morfogênese também está presente. Os detritos das áreas mais altas da bacia são erodidos constantemente a milhares de anos.

Em vista disso, esse sistema apresenta predominantemente a capacidade de suporte Baixa, Média e uma pequena área com capacidade de suporte Alta. Nessas áreas torna-se aceitável o uso desde que prevaleçam limites na exploração dos recursos, enquanto que as demais áreas nesse sistema ambiental requerem um planejamento bem elaborado não só no que se refere à superfície aplainada, mas em todos os sistemas cujos níveis de capacidade de suporte foram de médio à baixo na bacia.

O sistema *Reverso superior* apresentou capacidade de suporte média e algumas partes com capacidade baixa. Possui classes de declividade variando de suave ondulado a ondulado, dissecação moderada do relevo e sem incisões violentas dos cursos d'água, além de vertentes de lenta evolução. Apesar da

pouca vegetação, já que é uma área a sotavento, e de grandes altitudes desse sistema (variando de 615m a 795m), a superfície plana permite a atuação maior do processo pedogenético, não prevalecendo o da erosão. O Latossolo é o tipo de solo que predomina sustentando cultivos permanentes na chapada. Essa é uma área legalmente protegida, faz parte da APA da Serra da Ibiapaba.

As condições de equilíbrio natural dependem também do regime climático. Sendo uma região de domínio semiárido, as técnicas de manejo e conservação do solo, e de proteção à vegetação e à qualidade da água devem ser adotadas de modo a não permitir maior instabilidade deste sistema.

Como forma de sintetizar os dados obtidos, o quadro 3 descreve a capacidade de suporte conforme os intervalos de classes encontrados na área de cada sistema ambiental da bacia.

Quadro 3 - Níveis da Capacidade de suporte identificada em cada um dos sistemas ambientais da BHSN

| SISTEMAS AMBIENTAIS DA BHSN | CAPACIDADE DE SUPORTE ENCONTRADA EM CADA SISTEMA |
|------------------------------------|---|
| Planície fluvial | Muito baixa, baixa, média, alta. |
| Reverso inferior | Alta, média, baixa. |
| Reverso médio | Média, baixa. |
| Reverso superior | Média, baixa |
| Superfície aplainada | Alta, média, baixa. |
| Vales fluviais | Muito baixa, baixa, média. |

Fonte: Santiago (2019); adaptado (2022).

Assim também, no quadro 4, estão presentes os percentuais de capacidade de suporte divididos por sistema ambiental.

Quadro 4 - Porcentagens de cada nível de capacidade de suporte encontradas nos sistemas ambientais da BHSN

| Sistemas ambientais | Capacidade de suporte % | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| | ALTA (Moderadamente Estável) | MEDIA (Medianamente Estável) | BAIXA (Moderadamente instável) | MUITO BAIXA (Instável) |
| Reverso superior | 0,0 | 75,24 | 24,18 | 0,58 |
| Reverso médio | 0,0 | 56,99 | 42,95 | 0,04 |
| Reverso inferior | 0,07 | 48,42 | 51,50 | 0,01 |
| Superfície aplainada | 9,32 | 54,18 | 36,31 | 0,16 |
| Vales fluviais | 0,0 | 54,40 | 9,53 | 35,9 |
| Planície fluvial | 0,03 | 1,34 | 24,01 | 74,61 |

Fonte: Santiago (2019); adaptado (2022).

Com isso, se observa a predominância da capacidade de suporte baixa em quase todos os sistemas, com exceção do sistema *Planície fluvial*, onde 74,61% do seu território apresentou capacidade muito baixa. Esse sistema se configura, como muito frágil, porém, é um dos mais utilizados da bacia, sobretudo, para plantações em períodos de chuva. Em contrapartida, verifica-se que a capacidade de suporte alta, predomina em pequena porção dos sistemas ambientais. Destaque, com 9,32% do território, apenas no sistema *Superfície aplainada*.

Os sistemas ambientais *Reverso superior*, *Reverso médio*, *Superfície aplainada* e *Vales fluviais* apresentaram, predominantemente, capacidade de suporte média, respectivamente, com 75,24%, 56,99% e 54,18%, 54,40%.

Já o *Reverso inferior* apresentou 51, 50% de seu território com capacidade de suporte baixa.

De modo geral, ao se verificar a bacia hidrográfica como um todo, em termos percentuais, foram identificadas grandes extensões de seu território consideradas instáveis, cerca de 2.758,78 km² de sua extensão territorial, o que corresponde a 51.1% da área total da bacia. Os ambientes apontados como de transição somam uma extensão territorial de 2.543,06 km² referente a 47.17%

do total, enquanto que as áreas identificadas como ambientes estáveis totalizam somente 93,5 km² de extensão que confere cerca de 1,73% do território da bacia com alta capacidade de suporte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio São Nicolau evidenciou grandes extensões de terras com baixa capacidade de suporte. Mais de 70% do seu território apresentou ambientes instáveis, apesar de ser uma área cuja densidade demográfica ainda é baixa. Contudo, grande parte das terras é ocupada pela atividade agropecuária e pelo extrativismo.

O predomínio da capacidade de suporte Média e Baixa em toda a extensão da bacia são intercalados por áreas cuja capacidade de suporte é Alta e, podendo essas regiões, serem exploradas com maior intensidade respeitando, entretanto, as limitações naturais do ambiente. Porém estes espaços são bem menores e não se estendem por todos os sistemas.

É importante evidenciar a predominância territorial da capacidade de suporte Baixa em quase todos os sistemas, mas há de se considerar de grande relevância, sobretudo, os dados obtidos no sistema *Planície fluvial* onde 74,61% da sua área apresentou-se muito instável. Entretanto, é importante destacar que, embora parte das terras estejam sendo ocupadas pela agropecuária e pelo extrativismo, as características naturais da região contribuíram de certo modo, para esse resultado, evidenciando a grande vulnerabilidade da área da bacia.

O planejamento considerando, especialmente, os trechos identificados como mais suscetíveis, deve ser considerado primordial, de modo que estas áreas possam se desenvolver economicamente e ambientalmente concernente com as fragilidades do ambiente. Assim, é possível evitar que problemas mais graves futuramente possam surgir e tornar a comunidade que ali vive, vulnerável econômica e ambientalmente.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Resolução 115, de 23 de novembro de 2017. Acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, de 27 de julho de 2017.

Brasília, DF. Disponível em:

<http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiario/arquivos/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiario-DOU.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2019.

CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. **Análise de sistemas ambientais aplicada ao planejamento: estudo em macro e mesoescala na região da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró, RN/Brasil**. 2011. 269f. Tese (Doutorado em Geografia) -Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem em Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CREPANI, Edison *et al.* **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos, 2001, 103p.

GUERRA, Antônio José Teixeira e; MENDONÇA, Jane K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. *In*: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

LIMA, Iracilde Maria de Moura Fé. **Caracterização Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Poti**. 1983. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ. [S.I.] [s.n.] Rio de Janeiro, 1982.

PEREIRA Jr, José de Sena. **Nova Delimitação do Semiárido Brasileiro**. Biblioteca digital da câmara dos deputados. Consultoria legislativa, 2007.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 88p.

SANTIAGO, Cristiane M. Cordeiro. **Análise da Vulnerabilidade dos Sistemas Ambientais da Bacia Hidrográfica do Rio São Nicolau – Semiárido Piauiense**. Tese (doutorado)- Universidade Federal do Ceará, Pró - reitoria de Pesquisa e Pós- Graduação, Programa de Pós- Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza, 2019. 210f.

SANTIAGO, Cristiane Maria Cordeiro. **Análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio São Nicolau (semiárido piauiense) a partir do Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC**. Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geografia, Fortaleza, 2014. 147 f.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. **Vulnerabilidade Ambiental**. Org. – Brasília: MMA, 2007,192 p.

SILVA, Conceição de Maria de Sousa *et al.* (Orgs). **Semiárido Piauiense: Educação e Contexto INSA**. Campina Grande: 2010. 236p

SOUZA, Marcos José Nogueira de; SANTOS, Jader de Oliveira; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal. Sistemas Ambientais e Capacidade de Suporte na Bacia Hidrográfica do Rio Curu - Ceará. **Revista Continentes** (UFRRJ), Rio de Janeiro, ano 1, n. 1, 2012.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, diretoria técnica, SUPRENN, 1977. 91p.

Recebido em 28 de maio de 2022
Aceito em 17 de fevereiro de 2023