



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VULNERABILIDADE DE CONTAMINAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BEBEDOURO UBERABA-MG

Carlos Alberto Araujo Campos^(a), Giulia Leme Dei Santi^(b)

- (a) Departamento de Geografia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, carlos.campos@uftm.edu
(b) Graduada em Geografia pela Universidade Federal do Triângulo Mineiro, giulia.deisanti@gmail.com

Eixo: Solos, paisagem e degradação.

Resumo

A contaminação dos recursos hídricos e o consumo das águas subterrâneas têm crescido nos últimos tempos, por ser uma fonte que na maioria das vezes não necessita de tratamento para o consumo humano. Assim, surgem ferramentas que auxiliam no processo de gestão desses recursos. O estudo sobre a vulnerabilidade de contaminação do lençol freático na sub-bacia hidrografia do Córrego Bebedouro em Uberaba – MG causada pela forte ocupação das áreas dos Cerrados em Minas Gerais vem causando mudanças no cenário deste bioma. A expansão urbana interligada a agricultura comercial provoca alterações irreversíveis em localidades do Cerrado. Este estudo teve como significância analisar e compreender por meio de mapeamentos potenciométricos à dinâmica interna e alterações em decorrência das atividades antrópicas nessa área. O comportamento natural da sub-bacia hidrográfica gera parâmetros comparativos, para entender as alterações que a ocupação pode levar, seja nos aspectos ao uso ou aos solos, contaminação dos solos e corpos hídricos superficiais.

Palavras chave: vulnerabilidade, bioma, sub-bacia, contaminação.

1. Introdução

O reconhecimento de áreas vulneráveis, nas quais a utilização do solo demonstre perigo de contaminação ao recurso hídrico subterrâneo, é imprescindível para a determinação de ações prioritárias que direcionem a sustentabilidade. No meio de alguns desses usos realça-se a atividade agrícola, cuja inserção de fertilizantes, pesticidas, nutrientes e agrotóxicos pode prejudicar sua qualidade.

A expressão contaminação de aquíferos é constatada por Hirata e Fernandes (2008) como sendo a degradação das águas subterrâneas, ocasionada pela perda de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

qualidade da água potável, isto é, quando esta apresenta níveis de concentração de substâncias nocivas superiores aos padrões de qualidade estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

A verificação da contaminação de aquíferos perpassa pelo estudo de vulnerabilidade destas unidades geológicas acumuladoras e condutoras de água. Neste contexto, Aller et al. (1987) e Foster e Hirata (1993), estabelecem vulnerabilidade como a susceptibilidade de um aquífero, determinada apenas por suas características distintas, de ser afetado por uma carga contaminante de origem antrópica. Assim, uma maior vulnerabilidade coincidirá à maior facilidade de acesso hidráulico do contaminante à zona saturada, o que depende das características do aquífero.

Ponderando que os aquíferos, em função de suas características naturais, podem apresentar diferentes níveis de sensibilidade à inserção de cargas contaminantes, o objetivo geral estabelecido foi o de estudar a vulnerabilidade de contaminação do lençol freático na sub-bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro, Uberaba - MG.

2. Materiais e Métodos

2.1 Mapa potenciométrico

Na elaboração do mapa potenciométrico simplificado foi utilizada as imagens de radar da missão SRTM (“Shuttle Radar Topography Mission”) obtidas da área da bacia hidrográfica de Santa Gertrudes. Posteriormente foram inseridas no banco de dados com ajuste de datum, submetidas a geração do mosaico “raster to new mosaic” e correção dos valores anômalos para os dados altimétricos inconsistentes “fill”. Uma máscara foi criada para recorte de todas as drenagens da área da bacia e entorno, seguido da conversão da drenagem em semiologia de ponto, conservando assim, os valores altimétricos de afloramento da água. De posse a malha de pontos georreferenciadas aplicou ao tratamento geoestatístico de “Krigagem” com o intuito de criar uma superfície teórica do freático livre.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Para se chegar ao mapa potenciométrico simplificado final aplicou em SIG a ferramenta “map álgebra” para subtrair dos valores altimétricos de superfície real dos valores altimétricos da superfície teórica do freático livre. No novo plano de informação gerado, os valores obtidos em metros representa a profundidade relativa do freático livre em relação à superfície terrestre.

2.2 Susceptibilidade/vulnerabilidade de contaminação do freático livre

Tabela I. Mapas temáticos e mapas de análise de multicritério ponderada

| Mapa (análise multicritério) | Mapa fisiográfico/temático |
|--|----------------------------|
| Mapa de Susceptibilidade Natural de Contaminação do Freático Livre | Mapa de Classe Textural |
| | Mapa de Infiltração |
| | Mapa potenciométrico |

De acordo com cada mapa temático será possível definir o grau de influência relativa em porcentagem, atribuindo-se ainda, um peso para cada classe mapeada. Os valores atribuídos variaram em uma escala de 1 a 4 e representam critérios qualitativos que também variam de baixo a elevado, conforme Tabela II.

Tabela II. Critérios qualitativos para definição de pesos.

| Peso | Critério |
|------|----------|
| 1 | Baixo |
| 2 | Médio |
| 3 | Alto |
| 4 | Elevado |

Para a aplicação da ferramenta de análise multicritério foi necessária converter os mapas temáticos do tipo vetor em mapas temáticos do tipo “raster”. Todos os mapas foram submetidos ao processamento de reclassificação dos valores de “pixels”. O cruzamento dos mapas temáticos citados na Tabela I com o intuito de confeccionar o mapa de potencialidade



**XVIII
SBGFA**

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ambiental receberá os seguintes pesos de influência e grau de influência, conforme as Tabelas III e IV.

Tabela III. Grau de influência e peso de classes para os mapas temáticos na elaboração do mapa de susceptibilidade natural de contaminação do freático livre.

| Mapas temáticos | Influência % | Classes | Peso |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------------|------|
| Mapa de Classe Textural | 33,33 | < 58 Baixa | 1 |
| | | 58 – 62 Média | 2 |
| | | 62 – 66 Alta | 3 |
| | | > 66 Muito Alta | 4 |
| Mapa de Velocidade de Infiltração | 33,33 | 13,00 cm/h (cana) – alta | 2 |
| | | 10,87 cm/h (pastagem) – alta | 1 |
| | | 26,50 cm/h (florestais) – alta | 4 |
| Mapa potenciométrico | 33,33 | <5 m | 4 |
| | | 5-16 m | 2 |
| | | 16-29 m | 1 |
| | | 29-48 m | 1 |
| | | >48 m | 1 |



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Tabela IV. Grau de influência e peso de classes para o mapa de fragilidades ambiental

| Mapas temáticos | Influência % | Classes | Peso |
|--|--------------|--------------------------|------|
| Mapa de Susceptibilidade Natural de Contaminação do Freático Livre | 30 | Baixa susceptibilidade | 1 |
| | | Média susceptibilidade | 2 |
| | | Alta susceptibilidade | 3 |
| | | Elevada susceptibilidade | 4 |
| Mapa de Uso do Solo | 40 | Agricultura | 3 |
| | | Pastagem | 2 |
| | | Fragmentos Florestais | 1 |

3. Resultados e Discussões

Este trabalho teve como principal objetivo analisar a sub-bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro, localizado na cidade de Uberaba – MG e compreender a susceptibilidade de contaminação do lençol freático presente nessa bacia. Localizada na região do Triângulo Mineiro, entre os municípios de Uberaba e Veríssimo, a sub-bacia estudada possui uma área total de 7.161,03 hectares, divididos entre agricultura, pastagens e fragmentos florestais.

Sendo definida a partir das características pedológicas, botânicas, climáticas, fitogeográficas e hidrológicas, esta área de estudo está localizada no domínio morfoclimático do Cerrado, que representa o segundo maior domínio por extensão territorial. Segundo estudos de Aziz Ab' Saber, as características que predominam nessa localidade são a presença de árvores tortuosas e de aspecto seco, pois há uma deficiência no solo em nutrientes, tendo uma vegetação rasteira. Em relação a este solo, possui facilidade a ocorrência de erosões, ocasionadas pelas degradações ambientais descontroladas, suscetíveis a remoção da vegetação nativa e devido às estações chuvosas. Formado pelos latossolos e areais podzólicos e quartzosas, sendo necessária sua correção para transformar as terras viáveis a agricultura.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Segundo análises nesses principalmente no local de estudo ocorre pouca conservação e preservação das matas nativas, tornando-as áreas degradadas devido à presença da ação antrópica. De acordo com o estudo de CRUZ (2003) foi realizado uma análise de mapas de uso do solo entre os anos de 1964 até 1998, e pode-se concluir uma grande mudança na paisagem, cerca de 40% da vegetação nativa foi substituída por pastagens e agricultura, principalmente na década de 60, quando o Brasil passava por mudanças tecnicistas. Quando ações antrópicas retiram a cobertura vegetal original se inicia o desenvolvimento dos processos de degradação dessas terras, entretanto quando há implantação de agricultura essa deterioração pode se intensificar devido a mecanização pesada utilizada nessas terras, que acabam destruindo a estrutura natural do solo, ocasionando a compactação e gerando uma camada impermeabilizante.

Todos esses processos de modernização das atividades econômicas, principalmente agrícolas, irão ao mesmo tempo homogeneizar e fragmentar o espaço dependendo dos interesses de reprodução do capital, e conseqüentemente sem o devido cuidado na sua preparação causam a interferência no equilíbrio da biodiversidade e na disponibilidade de água infiltrada. Independentemente de qualquer que seja o tipo de uso do solo ou o grau de sua utilização em uma bacia hidrográfica irá interferir no ciclo hidrológico desse sistema (CRUZ, 2003). Quando iniciado o processo da impermeabilidade causada pela utilização de maquinários, ocorrerá como mencionado antes à interferência no ciclo hidrológico, pois o transporte de sedimentos se dá pelo controle de fatores como a estrutura geológica, a distribuição de precipitações, sua cobertura vegetal e as condições topográficas, e assim as atividades humanas podem diminuir ou aumentar a quantidade de água escoada superficialmente, influenciando o regime fluvial (CHRITOFOLETTI, 1981). A infiltração das águas das chuvas diminuirá, devido à camada impermeabilizante, prejudicando o abastecimento do lençol freático, entretanto pequenas porcentagens de água acabam permeabilizando e em decorrência da intensa utilização de agrotóxicos pelas grandes culturas para a correção desse solo de textura arenosa e média no Cerrado culminam na infiltração



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

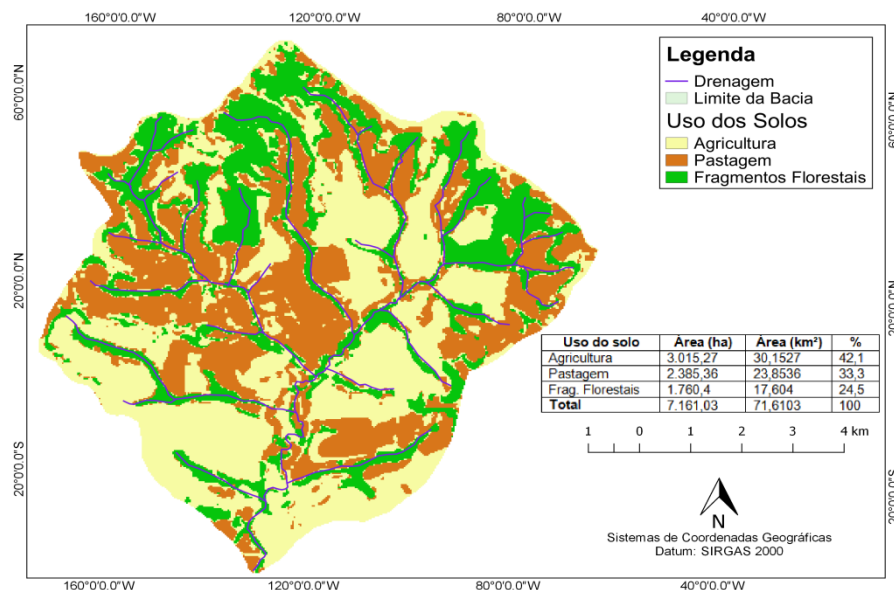
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

dessas partículas com as gotículas de água e contaminam o lençol, sendo necessária então uma avaliação de critérios, para se tornarem mais rigorosos a utilização dos agrotóxicos, bem como a identificação de áreas com vulnerabilidade de contaminação.

Todo esse processo ocorre devido à interferência do fator antrópico no ecossistema, pois suas ações acabam por aumentar a velocidade dos processos de modificação da paisagem, ganhando uma magnitude avassaladora e muitas vezes incontrolável. Segundo estudo realizado por Campos em 2017 foi possível identificar na totalidade da bacia hidrográfica principal onde está localizada a sub-bacia do estudo, uma área que até então era utilizada por pastagens vem sendo substituído por cultura da cana-de-açúcar, o que tem levado a redução do potencial natural da bacia. Para demonstrar os tipos de uso do solo nessa sub-bacia foi criado um mapa que indica quais são seus usos e suas porcentagens, representado pela Figura 1.

Figura 1 - Mapa de uso dos solos na bacia hidrográfica do ribeirão Santa Gertrudes



Para determinar a vulnerabilidade de contaminação de uma sub-bacia hidrográfica é necessário que se saiba a profundidade do lençol freático, sendo esta uma informação de suma



XVIII
SBGFA

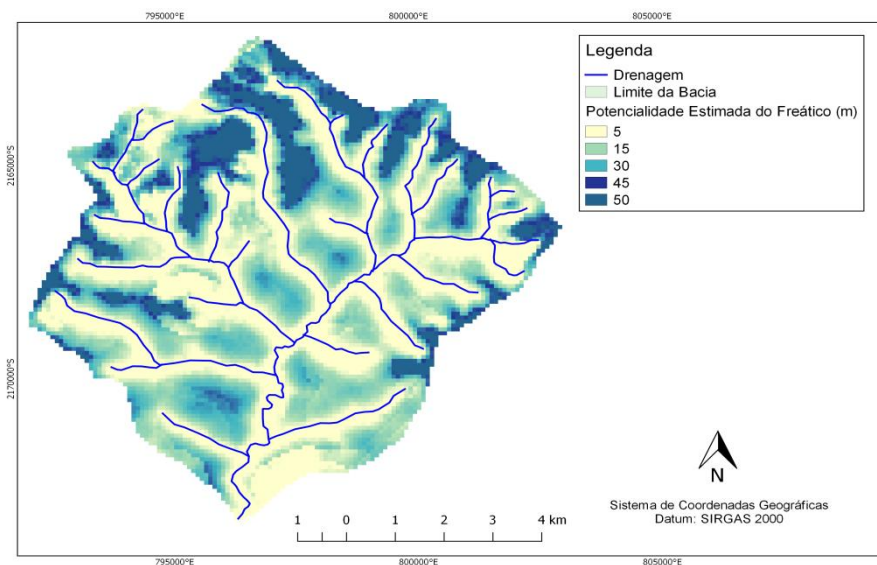
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

importância. Desta maneira o mapa potenciométrico gera um bom parâmetro de referência para a profundidade do freático em relação a uma superfície hipotética. Para se chegar ao mapa potenciométrico, foi utilizado o SIG – Sistema de Informação Geográfica, que se baseia na coleta, recuperação, análise, armazenamento e tratamento de dados temporais, não espaciais e espaciais, auxiliando as atividades de gerenciamento, operação, análise, manutenção e planejamento e sustentando tomadas de decisões, sendo capaz de analisar de forma prática e precisa os impactos sobre os recursos naturais, utilizando grandes volumes de informações de forma confiável e objetiva. Tendo como resultado a Figura 2.

Figura 2 - Mapa potenciométrico da sub-bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro.



O mapa potenciométrico pode ser somado com a textura média dos solos, as taxas de infiltração analisadas e o uso dos solos a obter uma estimativa do grau de vulnerabilidade do freático. Os dados obtidos pelos testes de infiltração nas áreas de pastagens, cana-de-açúcar e mata, foram usados como referência para a velocidade de infiltração de água nos solos, sob esses usos. Segundo Foster (1993) o conceito de vulnerabilidade aplicado a aquíferos, particularmente para suas áreas de recarga direta, é naturalmente de alta fragilidade, e fundamenta-se em dois aspectos básicos: a) inacessibilidade hidráulica da penetração de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

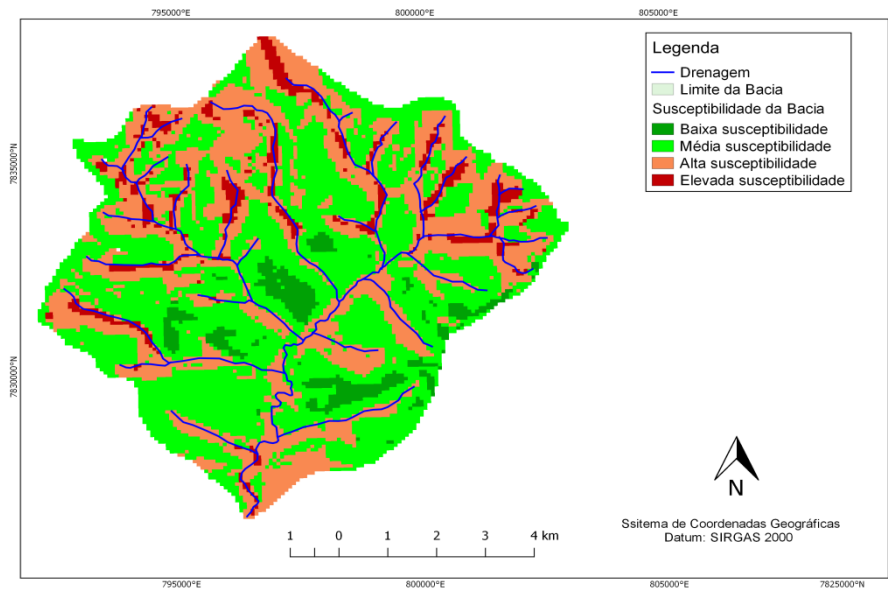
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

contaminantes e b) capacidade de atenuação dos estratos ou pacote de rochas acima da zona saturada, uma vez que tais condições se tornam favoráveis à movimentação do produto contaminante ou poluidor até o aquífero, diz-se que o ambiente é de alta vulnerabilidade natural, o que, em outras palavras, pode ser entendido como uma área de alta fragilidade natural.

Os resultados conquistados sobre os testes de infiltração por usos dos solos foram importantes para a classificação da velocidade de infiltração da área de estudo. Esses dados adicionados as informações de textura dos solos, auxiliaram a elaboração do mapa de vulnerabilidade de contaminação do freático. O resultado deste cruzamento de dados pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Mapa de susceptibilidade/vulnerabilidade de contaminação do lençol freático na sub-bacia hidrográfica do Córrego Bebedouro.



Como análise, é possível observar que as áreas de alta e elevada susceptibilidade de contaminação são observadas nas margens dos afluentes da sub-bacia hidrográfica, onde nestes locais segundo o mapa potenciométrico nos indica a potencialidade estimada do freático no valor de aproximadamente cinco metros, portanto é imensurável a necessidade de



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

cuidados específicos que devem ser utilizados ao se manusear agroquímicos e devido as características dos solos presentes no Cerrado considera-se ainda o uso da fertirrigação como a vinhaça, que é possível apresentar um alto poder contaminante, para que dessa forma se evite a contaminação e maiores danos ao meio ambiente.

Segundo Ludovice (1996) os solos que possuem alto teor de argila propendem a diminuir a demanda química de oxigênio produzida pela vinhaça, o que pode reduzir os impactos da vinhaça sobre as águas que percolam nos solos. Desta maneira, as características dos solos como o posicionamento topográfico, o tipo e capacidade de infiltração devem ser cogitadas para indicar a vulnerabilidade natural das terras a este tipo de poluente, bem como para fins de avaliação do potencial poluidor da vinhaça nos solos e águas, para tudo isso os agricultores necessitam saber de informações sobre o tipo de solo presente para que tome decisões sobre o uso do solo e seu manejo. Diante de informações sobre as limitações de solo, clima e relevo, o agricultor terá melhores condições de analisar as possibilidades de desenvolvimento das diversas culturas passíveis de serem implantadas em sua propriedade e sobre quais agroquímicos serão possivelmente utilizados, caso necessário. Para que a locais sobre os lençóis freáticos com potencialidade de contaminação não sejam afetados pelo uso indevido e incorreto de agrotóxicos.

4. Considerações finais

Com a ascensão das atividades agrícolas comerciais em diversas áreas do nosso território, principalmente na região do domínio morfoclimático do Cerrado, se faz necessário os devidos estudos dos solos, e de suas características para que o seu uso seja feito de maneira correta, e não prejudicial as nascentes e bacias hidrográficas presentes nessas áreas. Pois são esses recursos hídricos que abastecem as zonas urbanas e rurais, tornando-nos completamente dependentes desses recursos.

Entretanto o uso dos solos juntamente com as suas características texturais se associam à profundidade do lençol freático onde esta sub-bacia esta localizada, e podem gerar



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

condições possivelmente favoráveis a contaminações da água do freático livre, em função do processo de infiltração que ocorre, por exemplo, com a água da chuva.

Devido a isso se faz de extrema importância à necessidade de maiores estudos a respeito das nossas bacias hidrográficas, pois irá promover um maior entendimento da dinâmica ambiental nos espaços que já foram alterados pelas ações antrópicas, e possibilitará preservar áreas que podem ser protegidas pelas APAs, desta forma nascentes e margens de rios poderão ser utilizadas por atividades econômicas e pela ocupação humana.

5. Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. **Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil**. São Paulo: IGEOG-USP, mar. 1967. p. 45-48 (Orientação, 3).

ALLER, L.; Lehr, J. H.; Petty, R. **DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potencial using hydrogeologic setting**. United States: EPA, 1987.

CAMPOS, C. A. A. **Os compartimentos da paisagem e a elaboração de uma matriz para o planejamento ambiental em uma bacia hidrográfica com uso intensivo da agricultura: bacia do ribeirão Santa Gertrudes, Veríssimo-MG**. 2017. 130 f. Tese (Doutorado) Agronomia (Ciência do Solo), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

CANDIDO, H. G. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Uberaba-MG**. 2008. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. p. 35-50.

CRUZ, L. B. S. **Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio Uberaba - MG**. 2003. 182 f. Tese (Doutorado em Água e Solo) – Facul



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

FOSTER, S. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas**: um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. 92 p. (Boletim, 10).

HIRATA, F.; FERNANDES, A. J. Vulnerabilidade à poluição de aquíferos. In: Feitosa, F. A. C (org.) **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812p.

VALLE JUNIOR, R. F. do. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.