



UFRJ

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

**IDENTIFICAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE VOÇOROCA NA BR-494 NA
BACIA DO
ALTO CURSO DO RIO PIRAÍ, MUNICÍPIO DE RIO CLARO-RJ**

Ayrton Durães Manso

Orientador: Antônio José Teixeira Guerra

Rio de Janeiro
Março de 2020

IDENTIFICAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE VOÇOROCA NA BR-494 NA BACIA DO
ALTO CURSO DO RIO PIRAÍ, MUNICÍPIO DE RIO CLARO-RJ

Ayrton Durães Manso

Monografia submetida como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Geografia

Aprovada por:

Antonio José Teixeira Guerra
(Professor Orientador)

Guilherme Hissa Villas Boas
(Professor Avaliador)

Rio de Janeiro
Março de 2020

Ficha Catalográfica

Manso, Ayrton.D. Identificação e Diagnóstico de Voçoroca na BR-494 na Bacia do Alto Curso do Rio Pirai, Município de Rio Claro-RJ.

Monografia para obtenção do bacharelado em Geografia –UFRJ: Rio de Janeiro.
p.52

AGRADECIMENTOS

Antes de mais nada, quero agradecer a mim mesmo por não ter desistido, frente aos tantos imprevistos que permearam não só a minha vida acadêmica, mas também a minha vida pessoal ao longo do ano de 2018, se estou concebendo esse trabalho, por fim, isso é uma grande vitória.

Chegar aqui não foi fácil, um universo de escolhas e possibilidades me trouxeram até aqui, mas, acredito que acima de tudo, o amor por essa disciplina prevaleceu intacto. Tenho a esperança que futuramente poderei aplicar os conhecimentos aqui desenvolvidos e os adquiridos ao longo dessa grande caminhada, transformando lugares e contribuindo para com o desenvolvimento de outras pessoas.

Primeiro, quero agradecer aos meus avós, vocês me ensinaram muito! Mais do que qualquer instituição poderia me ensinar...me ensinaram a amar. Infelizmente no momento em que os escrevo, nenhum de vocês se faz presente, mas é certo que neste trabalho, tem um pedaço de cada um de vocês, quero que isso esteja registrado aqui, para: Leda, Amauri e Tácia.

Agradeço ao meu pai, que por mais que a nossa relação por vezes tenha sido complicada, eu sei que não desistiu de mim. As cobranças fazem parte, porém particularmente esse ano eu fiquei inapto para algumas coisas e me enchi de irresponsabilidades comigo mesmo. Mas, ainda sim, sobrou algum juízo e é por isso que esse trabalho foi feito.

Um adendo especial pela grande ajuda do meu pai indo a campo comigo no dia 03/02/2020 para as coletas das amostras, com certeza esse trabalho só está sendo concluído agora por conta da nossa disposição de ir até Rio Claro de forma independente para promover os capítulos de resultados de uma vez.

Agradeço a minha mãe e ao meu irmão, pois por pior que seja a situação, estamos juntos e são as primeiras pessoas que posso dar um abraço quando mais precisar. Não posso esquecer também da Mila, nossa companheira, que pernitou muitas noites comigo na sala enquanto escrevia este trabalho, sendo a melhor amiga pras noites que nada mais fazia sentido.

Aos meus amigos: Alexia de Lima, Douglas Vieira, Fabrizio Garritano, Matheus Alfradique, Renan Martins e Vinícius Martins, em especial a vocês seis, eu deixo o meu muito obrigado por se tornarem uma espécie de família, com certeza a faculdade foi um lugar mais agradável por conta dessas companhias. As lembranças dos trabalhos de campo, dos seminários e apresentações estão aqui e em quase todas estamos juntos lá, então, obrigado por dividirmos isso.

Aos amigos da 2014.1 embora eu tenha citado em especial alguns acima, não posso deixar de lado todas as amizades e conexões que fiz com as pessoas dessa turma e é claro todo o aprendizado que compartilhamos. Eu sou extremamente feliz de ter partilhado esse período da minha vida com todos vocês e é claro que vou levar sempre comigo as memórias e os lugares.

Ao Diego Janot do LAGESOLOS que me deu uma verdadeira aula sobre o laboratório de Geomorfologia, foi essencial e determinante já que fez parte dos momentos finais para a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos do Colégio Pedro II, são exatos doze anos de amizades para com alguns de vocês...Os quatro anos de UFRJ mostraram que o que esse colégio une, realmente não separa assim tão fácil, agradeço pela gente não ter se distanciado tanto, fisicamente sim, mas sempre em contato uns com os outros. Para: Andrei Figueiredo, Bruno Ricardo, João Dutton, Marcelo Santos (Meu calouro), Victor Hugo.

A minha namorada Alexandra de Souza que além de me ajudar muito com as análises granulométricas no laboratório sem dúvidas foi alguém que me motivou dia após dia, não só para a realização deste trabalho mas em diversos espectros da minha vida pessoal, crescer ao seu lado é um eterno prazer e espero que essa seja a primeira conquista de muitas ao seu lado.

Certamente existem muitas outras pessoas que contribuíram para essa conquista e para cada uma delas, o meu carinho está guardado, essa é uma conquista compartilhada com cada uma das pessoas que passaram e estão na minha vida, mais uma vez, obrigado.

Por último, não menos importante, quero agradecer ao meu orientador Antônio Jose Teixeira Guerra, que por mais obstatante que eu estivesse das pesquisas ao longo desses anos, não se absteve de me ajudar com essa tarefa e de me dar bons conselhos quando mais precisei, obrigado.

“[...]ele cansou de chorar e decidiu fazer algo a respeito”,

HATAKE, Kakashi

RESUMO

Os processos erosivos e a degradação dos solos são objetos de estudo de muitos trabalhos no campo da geomorfologia. A complexidade das propriedades dos solos e os diferentes fatores que interferem sobre a erosão são responsáveis por gerarem situações distintas sob a paisagem. Neste aspecto, o presente trabalho teve o objetivo de fazer um diagnóstico de uma voçoroca na BR-494, identificada através do sensoriamento remoto, utilizando o *software Google Earth Pro*. O entendimento da dinâmica da paisagem e dos processos que nela ocorrem desperta o interesse dos pesquisadores, mas também dos responsáveis pelo planejamento espacial. Uma vez que o desenvolvimento das ferramentas de SIG se deu com os avanços tecnológicos, no decorrer do século XX. Assim como os debates acerca da conservação do meio ambiente, o sensoriamento remoto é hoje indispensável para aplicação de análises espaço-temporais sob a superfície terrestre. Embora o uso do Google Earth Pro seja questionado, quanto à qualidade da sua obtenção de dados, é uma ferramenta que, quando conciliada com análises laboratoriais, e a ida de campo se torna um importante instrumento para o planejamento e ação de trabalhos com o intuito de identificar e monitorar áreas degradadas por voçorocamento. A partir das imagens obtidas foi possível constatar um processo de erosão ativo, havendo períodos de regressão e crescimento de forma longitudinal da feição entre 2007 e 2019

Palavras-chave: Erosão dos Solos; Geomorfologia; Sensoriamento Remoto; Paisagem

Sumário

1. Introdução.....	12
2. Objetivos.....	14
2.1. Objetivo Geral.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. Área de Estudo.....	14
4. Embasamento Teórico-Conceitual.....	16
4.1 Paisagem e Sensoriamento Remoto.....	16
4.1.1 Dinâmica da Paisagem.....	16
4.1.2 Sensoriamento Remoto.....	19
4.2. Erosão dos Solos.....	23
4.2.1 Propriedades do solo.....	24
4.2.2 Fatores Erosivos.....	29
4.2.2.1 Distribuição das chuvas.....	30
4.2.2.2 Cobertura vegetal.....	31
4.2.2.3 Topografia.....	32
4.2.2.4 Uso dos solos.....	34
5. Metodologia.....	34
5.1. Determinação da Área de Estudo.....	34
5.2. Análise de Textura do Solo.....	35
6. Resultados e Discussão.....	38
7. Considerações Finais.....	44
8. Referências Bibliográficas.....	46

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa de Localização do Município de Rio Claro e localização do ponto de coleta de amostras.....	15
Figura 2 - Voçoroca estudada contemplada da beira da estrada BR 494.....	17
Figura 3 - Distribuição dos artigos em relação às técnicas utilizadas nas pesquisas.Fonte:(RIBEIRO et al., 2019).....	20
Figura 4 - Material residual do interior da voçoroca.....	37
Figura 5 - Pirâmide de classificação textural dos solos. Fonte:(EMBRAPA, 2011).....	38
Figura 6 - Imagens de satélite obtidas pelo <i>Google Earth Pro</i>	40
Figura 7 - Mapa Hipsométrico do Município de Rio Claro.....	41
Figura 8 - Perfil de elevação da cabeceira da voçoroca até a estrada.....	41
Figura 9 - Mapa da sobreposição temporal das dimensões da voçoroca estudada em Rio Claro - RJ.....	42

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Temperaturas e tempo para a realização da pipetagem. Fonte: EMBRAPA(2011).....	36
Tabela 2 - Resultado das análises laboratoriais referentes a textura das amostras de solo.....	39
Tabela 3 - Área e Perímetro da Voçoroca nos anos de 2007, 2012, 2016 e 2019.....	43

Lista de Siglas

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias

INEA - Instituto Estadual do Ambiente

ITPA - Instituto Terra de Preservação Ambiental

KML - *Keyhole Markup Language*

LAGESOLOS - Laboratório de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos
(UFRJ)

SIG - Sistema de Informação Geográfica

VANT - Veículos Aéreos Não Tripulados

1.Introdução

No decorrer das últimas décadas, a degradação dos solos tem se destacado como um problema ambiental que gera prejuízos tanto econômicos quanto sociais e que cada vez mais tem tomado notoriedade nos estudos relacionados à conservação do meio ambiente.

A degradação dos solos tem se caracterizado como um dos principais problemas ambientais, sendo um tema discutido cada vez mais entre os cientistas ao redor do mundo, afetando a vida das pessoas tanto no âmbito econômico quanto social, é também um problema político que exige a atenção dos agentes governamentais. Ocorrendo sobretudo sob a superfície do planeta Terra, os diferentes aspectos físicos da paisagem possuem grande relevância em seu comportamento, podendo tanto acelerar ou retardar os processos que constituem esse fenômeno.

A perda da camada superficial dos solos dá início à erosão, que pode ser dada tanto pelo salpicamento, quanto pelo escoamento superficial. A erosão não somente ocorre devido às condições naturais, mas também pode ser condicionada pelas ações do ser humano sobretudo em vista do uso e manejo inadequado dos solos. A erosão portanto, tem sido considerada por vezes como um processo preocupante, devido ao seu acelerado aumento, em função das ações humanas, causando impactos nas esferas econômicas, sociais e ambientais (PEREIRA, 2016).

Guerra (2016), afirma que a ação antrópica pode causar impactos ambientais negativos *onsite* (no próprio local) e *offsite* (fora do local), ou seja, os efeitos do processo erosivo não aparecem apenas onde está ocorrendo a erosão, pode se propagar por longas distâncias a partir da origem do problema, causando assoreamento de corpos hídricos, o maior aporte de sedimentos e água para as áreas próximas e até mesmo enchentes.

Quando tratamos da erosão, é importante ressaltar que o uso e manejo dos solos possuem grande importância no que tange o controle do processo erosivo (GUERRA, 2016; PEREIRA, 2016). Neste cenário, a ação antrópica é vista como um catalisador da dinâmica de alguns processos erosivos, por meio da retirada da cobertura vegetal caracteriza-se o primeiro impacto sobre a paisagem.

Com o intuito de proteger a biodiversidade e os recursos naturais, assim como conservar a paisagem, no período conhecido como pós-guerra inúmeros debates ocorreram em torno da questão ambiental e na manutenção do espaço natural. Não obstante, no mesmo período com influência das guerras, as ferramentas de SIG (Sistema de Informação Geográfica) estavam em constante desenvolvimento.

Com os avanços tecnológicos, ao longo do século XX até os dias atuais, as geotecnologias se transformaram em importantes ferramentas para a gestão ambiental e o planejamento espacial. A busca pela compreensão da dinâmica da paisagem e dos fenômenos que nela ocorrem cada vez mais pedem que as ferramentas utilizadas para o sensoriamento remoto se aprimorem com o intuito da obtenção de dados mais precisos e com maior número de detalhes e informações. (BARROS JUNIOR et al., 2018; BATISTA, 2019; AMARAL, 2019).

Tendo consciência que a paisagem e seus elementos não permanecem estáticos no espaço e no tempo, assim como os processos e fenômenos também não se distribuem da mesma forma, e também não ocorrem nos mesmos períodos, o desenvolvimento de ferramentas mais rápidas na obtenção de dados primários sobre a superfície terrestre, torna o sensoriamento remoto uma das ferramentas mais eficazes no monitoramento ambiental em escalas locais e globais.

Sem as técnicas de obtenção de dados espectrais e imagens de satélites, o monitoramento de algumas áreas se tornaria muito difícil e, em alguns casos, impraticáveis, no caso de grandes porções de terra, podemos destacar os biomas brasileiros.

Embora seja uma ferramenta SIG, o *Google Earth Pro*, desenvolvido pela empresa *Google* ainda é muito pouco utilizada nos trabalhos relacionados ao sensoriamento remoto e à dinâmica e padrão espacial da paisagem (RIBEIRO et al., 2019). Desde seu lançamento em 2005 de fato o software não foi amplamente utilizado em muitas pesquisas, entretanto autores aqui citados (FERREIRA, 2012; BARROSO et al., 2019; BATISTA, 2019;) o utilizaram tanto para a identificação de voçorocas e feições erosivas como para a obtenção de polígonos e arquivos KML.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é realizar um diagnóstico de degradação do solo em uma área de voçorocamento, analisando propriedades físicas do solo assim como imagens de satélite, para compreender a dinâmica da erosão na encosta degradada.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar a erodibilidade dos solos através da determinação granulométrica (Propriedade Textura).
- Apresentar através de uma correlação temporal de imagens obtidas pelo *Google Earth Pro*, as mudanças na área estudada.

3. Área de estudo

O município de Rio Claro, se encontra localizado no estado do Rio de Janeiro e está inserido na região do vale do Paraíba do Sul. As coordenadas da cidade são 22°43'23" de latitude sul e 44°08'08" de longitude oeste, situada a uma altitude média de 446 metros no reverso da escarpa da Serra do Mar.

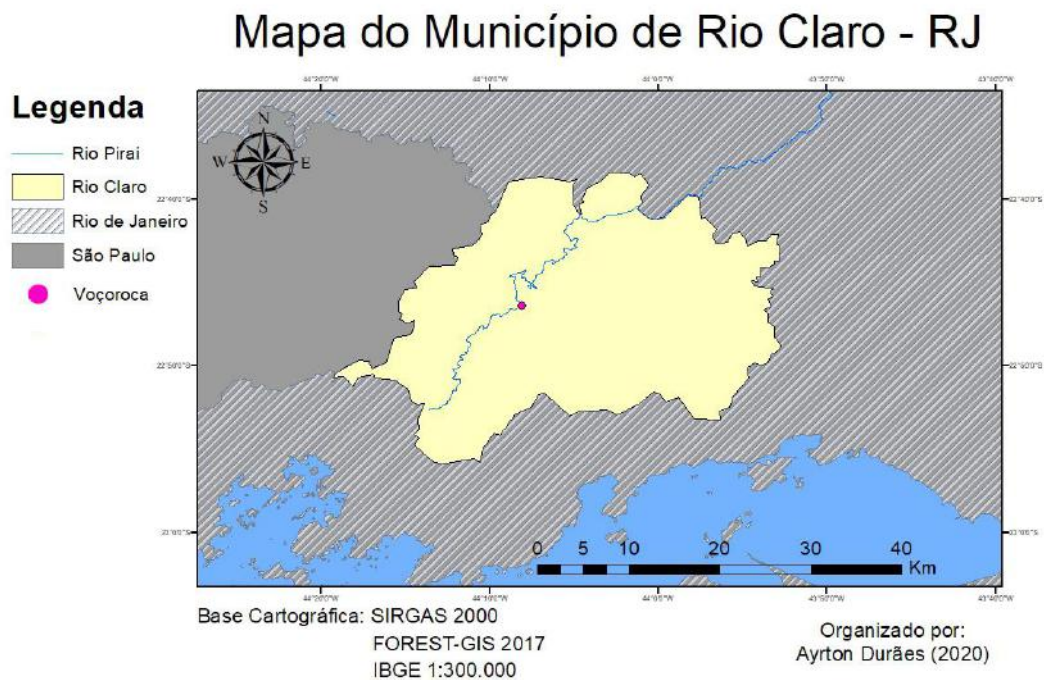


Figura 1: Mapa de Localização do Município de Rio Claro e localização do ponto de coleta de amostras.

A voçoroca estudada se encontra localizada nas coordenadas 22°46'23.48" de latitude e 44°08'15.63" de longitude. A partir de um mapeamento prévio com a utilização do *Google Earth Pro*, foram identificadas diversas feições erosivas ao longo da BR-494 que corta o município e nas proximidades do curso do Rio Piraí. A escolha dessa área de estudo também se deu por conta de ser uma região onde o LAGESOLOS vem fazendo diversos trabalhos distintos, em relação ao monitoramento da erosão e degradação dos solos, no decorrer dos últimos anos.

As áreas do reverso da Serra do Mar são caracterizadas por apresentar menor energia devido a menores amplitudes e declividades do relevo. Este fato possibilita que ocorra maior colonização e abertura de grandes áreas de pasto para o gado, intensificando a efetiva forma de ocupação do vale do Paraíba do Sul, onde foi removida grande parte de vegetação do tipo floresta de Mata Atlântica para atividades agropecuárias (GARRITANO, 2018). Os solos da região são caracterizados por latossolos bem desenvolvidos, argissolos e solos com características de gleissolos, isso por conta do gradiente de declividade do local que possibilita maiores níveis de pedogênese (ITPA, 2011; INEA 2015).

A voçoroca é caracterizada como uma das feições mais expressivas do processo de erosão do solo, possuindo paredes laterais e fundo plano com secção transversal em formato de "U" e profundidade superior a 1,5 metros (VIEIRA, 1998 *apud* BATISTA, 2018). Ocorrendo pela ação da erosão fluvial, pela ação do escoamento superficial mas também podendo ocorrer em conjunto ou por conta do escoamento subsuperficial.

Ambientes com elevados índices de chuva sofrem com problemas de erosão, principalmente quando os solos não são manejados adequadamente, pois o processo de escoamento superficial se torna mais intenso em solos degradados com a ausência de cobertura vegetal (CASSETI, 2005; GUERRA, 2014). O que se vê ao longo do alto curso do rio Piraí em sua história são reflexos de ações iniciadas ainda no século XVIII, com o uso da terra para o plantio do café e da cana de açúcar posteriormente dando lugar a pecuária transformando as plantações em pastagem.



Figura 2: Voçoroca estudada contemplada na beira da estrada BR 494.

4. Embasamento Teórico-Conceitual

4.1 Paisagem e Sensoriamento Remoto

4.1.1 Dinâmica da Paisagem

A compreensão da paisagem e da disposição de seus elementos é uma base científica para planejadores manusearem informações coletadas sobre uma determinada área, analisá-las, interpretá-las e assim realizarem proposições a fim de possibilitar a criação de modelos espaciais que permitam a comunicação entre as diversas disciplinas e os tomadores de decisões (PELLEGRINO, 2000 *apud* AMARAL, 2019).

A paisagem por sua vez, não é um elemento estático, sua compreensão é complexa e suas mudanças podem ser imprevisíveis ao longo do tempo. Os processos naturais são os responsáveis pelas mudanças e transições que a paisagem sofre, entre elas a geomorfologia principalmente estuda a erosão dos solos por seu papel atuante na modelagem do relevo terrestre.

Os processos que definem as formas do relevo, não são necessariamente os mesmos que ocorrem atualmente. Processos exógenos podem ser dominantes em certas áreas assim como sua intensidade maior ou menor ao longo do tempo, tornando-se uma variável complexa quando em conjunto com todas as outras presentes na paisagem como a: resistência do solo, a declividade a morfometria e o uso e manejo da terra (FLORENZANO, 2008).

Tendo noção dessas variáveis, também há as mudanças condicionadas pelo impacto antrópico, ligadas às necessidades humanas relacionadas ao seu sistema produtivo (AMARAL, 2019). E por conta da ação humana, e sua pressão sobre as paisagens na busca de recursos naturais, no segundo período pós-guerra as teorias e técnicas a respeito da conservação das paisagens ganham forte impulso.

Essa preocupação ao longo dos anos não somente fez com que a conservação do meio ambiente fosse repensada pelos agentes políticos e econômicos, como também trouxe valor para a natureza não no sentido de exploração desta, mas sim em sua potencialidade em termos de pesquisas e desenvolvimento, em planejamento e gestão do território assim como dos recursos. A natureza passa a ser valorizada tanto como capital de realização atual ou futura quanto como fonte de ciência, tecnologia e informação contemporânea (BECKER, 2015 *apud* CUNHA, 2017).

Para Raynaut, C.(2004), o ser humano não pode mais ser considerado um “hóspede” do meio que habita, sendo assim parte integrante desse meio, sujeito e objeto, ator e produto. A partir das respostas do meio ambiente à pressão antrópica e os processos desencadeados pela erosão dos solos acelerada, caracterizamos a degradação dos solos como um problema ambiental que põe em risco não só a qualidade dos solos, mas também o abastecimento de água e a garantia dos corpos hídricos (NEVES, 2015).

Devido ao fato de que os processos exógenos incluindo a erosão independente da ação humana irão ocorrer na paisagem, o grau de erodibilidade dos solos se dará de acordo com suas propriedades, assim como a erosividade da chuva terá suas taxas reguladas pelos fatores erosivos. Entretanto, as propriedades do solo podem variar com o tempo e de acordo com seu uso e manejo. Portanto, pode haver mudança no comportamento da erodibilidade dos solos, sobretudo em sua estabilidade dos agregados.

“Em situações ideais, bastaria apenas proteger as áreas de eventuais pressões a qual estariam submetidas, para que o processo de recuperação ocorresse naturalmente. Alguns estudos realizados em partes do mundo (CHINEA, 2002; READ et al, 2003; CRK et al 2009)” Confirmaram esta possibilidade visto áreas que não documentam a ocorrência de processos de pastagens, urbano ou agrícolas.”
Conforme citado por SEABRA, 2012.

Se entende também que nem todas as paisagens, possuem um histórico de isenção da ação humana, e por este motivo o desenvolvimento humano não prioriza a qualidade natural dos habitats, mas cria um novo elemento de análise: a paisagem modificada (MINAKI ; AMORIN ,2007 *apud* FISCH, 2016).

O entendimento da dinâmica das paisagens vem justamente da percepção de suas mudanças. Isto é, das transformações de uma paisagem natural ao seu estado modificado, as modificações nos permitem realizar diagnósticos para se entender causas e consequências do tipo de mudança. Compreendendo a dinâmica da paisagem podemos desenvolver métodos mais assertivos com o intuito de seu monitoramento e da gestão ambiental, podendo contribuir para a geoconservação e o planejamento espacial em si. (DANTAS, 2015; AMARAL, 2019).

É importante ressaltar que a conservação das paisagens, tidas como naturais, pode também aumentar a busca pelo turismo, ou, geoturismo, que é uma ferramenta a qual promove a geoconservação, a compreensão do patrimônio geológico, e o aprecio a geodiversidade (DOWLING, 2010. *apud* JORGE, 2017). A existência de atrativos naturais que possibilitem a integração de atividades de lazer com a educação e sensibilização ambiental da população (RANGEL & GUERRA, 2016).

4.1.2 Sensoriamento Remoto

No decorrer das últimas décadas, cada vez mais o geoprocessamento e as técnicas de SIG (Sistema de Informação Geográficas) se transformam em ferramentas importantes para a análise da paisagem e para o monitoramento de processos que aceleram a degradação dos espaços naturais ou urbanos por conta das ações antrópicas (OLIVEIRA & CUNHA, 2007). As geotecnologias também são instrumentos que auxiliam a tomada de decisões e a gestão de recursos, além de possibilitarem a otimização do tempo de análise em casos de áreas de distantes ou de difícil acesso (BOLFE, 2006; TÔSTO; 2014 *apud* BARROS, 2018).

As técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto são empregadas desde meados da década de 1970 como alternativas para o levantamento de informações sobre feições erosivas (BATISTA, 2018). Entretanto, a busca pela compreensão da paisagem com o intuito do planejamento territorial avança sob o espectro do positivismo clássico, com o desfecho da segunda guerra mundial (DANTAS, 2015).

Segundo Silva e Santos (2012), a partir da utilização de elementos visuais, cada vez mais a geomorfologia passou a se beneficiar de dados com riqueza de informações e detalhes, possibilitando uma melhor compreensão da paisagem, do relevo em si e também das dinâmicas do uso do solo. Tendo como base os conceitos da análise de paisagens e de suas dinâmicas, as geotecnologias ajudam a reconhecer fragilidades das áreas analisadas, a causa dos processos de transformação na paisagem e a ocorrência dos fenômenos naturais e antropogênicos.

O processamento das informações obtidas através dos novos métodos empregados no campo das geotecnologias também evoluiu com o advento da informática e a elaboração de cada vez mais softwares de SIG com múltiplos recursos de tratamento das imagens e geração de banco de dados. O *Google Earth Pro* e o *ArcGis* ambos utilizados nesta pesquisa são exemplos de ferramentas com a possibilidade de criar marcações georreferenciadas, polígonos e bancos de dados com informações relativas às áreas estudadas.

No sensoriamento remoto, ao se utilizar dados brutos, oriundos dos sensores óticos, as imagens de satélite devem ser manipuladas para que se tornem material adequado para análise, podendo ser feito através de técnicas de pré-processamento como o realce da imagem, a calibração radiométrica a correção das distorções geométricas, a remoção de ruídos e outras mais.

A vasta quantidade de sensores remotos atuais, no entanto, devem ser selecionados de forma que atendam os requisitos da pesquisa, já que a grande gama de fotografias e imagens aéreas disponibilizadas nem sempre possuem as características ou o nível de detalhamento preciso. Fotografias por exemplo ajudaram muito na realização de diversos estudos ambientais nas décadas passadas, no entanto para análises mais apuradas, tais como determinação do tipo de solo ou presença de matéria orgânica a ausência de resolução espectral e radiométrica pode ser um problema(LOUREIRO, 2013).

Devido à rapidez e periodicidade na obtenção de dados primários sobre a superfície terrestre, o sensoriamento remoto orbital constitui-se numa das formas mais eficazes de monitoramento ambiental em escalas locais e globais. Seu uso aplicado a análises espaço-temporais tem sido importante em diversas temáticas, como a ambiental, urbana, agrícola, oceanográfica, climática, dentre outras (AMARAL, 2019 apud SANCHES, MAGRO & SILVA, 2007).

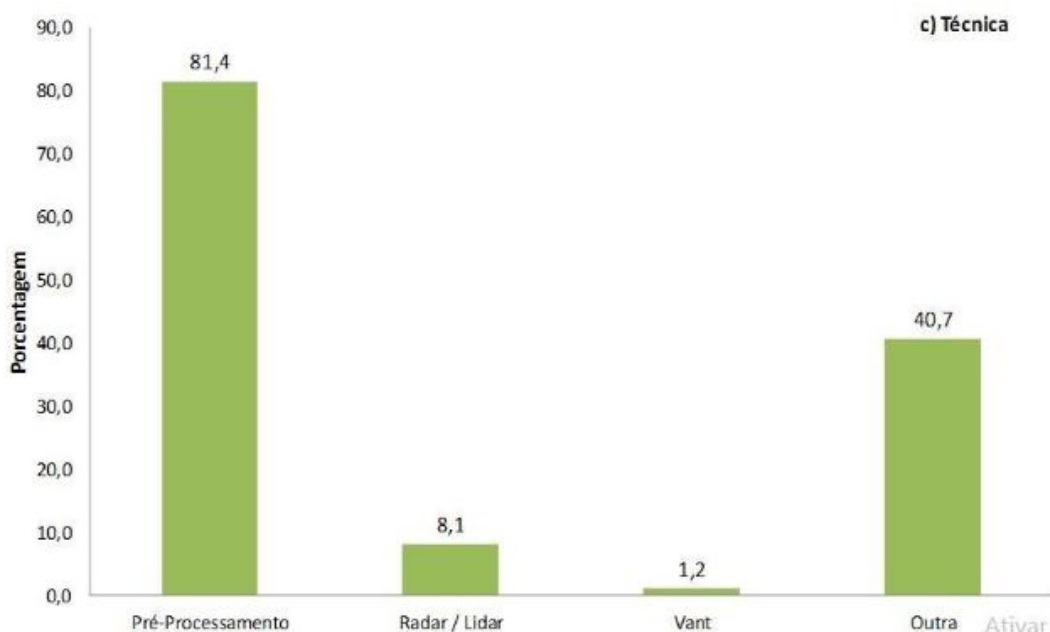


Figura 3: Distribuição dos artigos em relação às técnicas utilizadas nas pesquisas.Fonte:(RIBEIRO et al., 2019)

De acordo com Ribeiro et al,(2019), dos 237 artigos selecionados para a pesquisa, nenhum deles apresentou o *Google Earth Pro* como técnica de levantamento e obtenção de dados geográficos. As técnicas foram abordadas da seguinte forma:

- Pré processamento: Sendo aqueles os trabalhos que apresentaram dados brutos, com a necessidade de correção de distorções geométricas, remoção de ruído e realce com o intuito de melhorar a qualidade da imagem.
- Radar/Lidar: Os trabalhos com a tecnologia *Light Detection And Ranging*.
- VANT: Trabalhos com o uso de veículos aéreos não tripulados, como os drones.
- Outra: Todos os trabalhos que não apresentaram nenhuma das técnicas citadas anteriormente.

Dentre as várias possibilidades de material fornecido por essas tecnologias estão a aerofotogrametria, fotointerpretação e processamento de imagens de radar e satélite. Embora esses tipos de pesquisa não contemplem toda a produção acerca do assunto pesquisado, permite uma visão recente das tendências de uso dessas ferramentas tão importantes.

Como em outros trabalhos citados nesta pesquisa, o *Google Earth Pro* tem condições de ser utilizado como um possível recurso para o monitoramento e análise da dinâmica da paisagem e de seus processos, além de ser uma ferramenta de fácil utilização que disponibiliza gratuitamente dados SIG através da computação em nuvem, vem aos poucos cada vez mais sendo utilizado em conjunto com outras técnicas para suprir suas limitações no quesito processamento e resolução.

Portanto, a aplicação do sensoriamento remoto e a escolha das técnicas corretas, aliado ao conhecimento já produzido sobre a dinâmica da paisagem permite uma melhor análise do relevo e sua estrutura, contribuindo assim com a otimização das pesquisas voltadas ao monitoramento e planejamento do espaço (GOIS et al.,2018).

4.2 Erosão dos Solos

Os processos erosivos comumente vem sendo objeto de estudo de diversos trabalhos no decorrer das últimas décadas e até o dia de hoje desperta curiosidade sobre os pesquisadores. A complexidade das propriedades dos solos e os diferentes fatores que interferem sobre a erosão são responsáveis por gerarem situações distintas nos mais variados lugares.

A princípio, é importante caracterizar o que se trata a erosão, distinguindo-a de alguns conceitos que caminham paralelamente a esta e acabam causando certa confusão, principalmente para pessoas que não estão habituadas com a literatura e os estudos geomorfológicos, como por exemplo: o intemperismo e a degradação dos solos.

Como dito anteriormente, alguns conceitos se fazem importante para compreendermos cada etapa da formação e transformação do relevo, caracterizada como morfogênese. As formas do relevo são resultantes da ação dos processos endógenos e exógenos. Os processos endógenos possuem origem no interior da terra, atuando por meio do vulcanismo, dos movimentos sísmicos e do tectonismo propriamente dito. Já os processos exógenos englobam o intemperismo físico e químico/bioquímico, responsável pela fragmentação e decomposição das rochas respectivamente, e também a erosão, que se refere a remoção e acumulação do material intemperizado. (FLOREZANO, 2008; GUERRA e MARÇAL, 2012; DANTAS, 2015; WERLANG, 2019).

O solo pode ser compreendido como um dos principais elementos para a manutenção da vida em nosso planeta, embora, este fato muita das vezes seja negligenciado (MUGGLER, 2005; MUGGLER, 2006; OLIVEIRA, 2014; DE SOUSA, 2017). De acordo com Guerra, Silva & Botelho (2014), por este motivo, a conservação do solo e dos demais recursos naturais está estreitamente correlacionada, já que o solo é um importante elemento para a realização de uma série de atividades sociais e econômicas.

A erosão pode ser definida como o processo de desagregação, remoção, transporte e deposição de partículas dos solos, geralmente das partes mais altas para as mais baixas, podendo ocorrer pela ação da água (erosão hídrica), pela ação

do gelo (erosão glacial) ou, do pelo vento (erosão eólica), funcionando assim como agente modelador, de forma natural ou acelerada em alguns casos. (NEVES, 2015, p.26).

A erosão dos solos pode acontecer em encostas com declividade igual ou superior a 3°, contribuindo com a evolução do relevo, tendo taxas de transporte de sedimentos variadas ao longo da alta, média e baixa encosta, de acordo com as características da mesma e sua interação com outros fatores controladores e as propriedades do solo em questão. (SANTOS, 2017. p. 29)

Entretanto, a erosão não somente ocorre devido às condições naturais, mas também pode ser condicionada pelas ações do ser humano sobretudo em vista do uso e manejo inadequado dos solos. A erosão portanto, tem sido considerada por vezes como um processo preocupante, devido ao seu acelerado aumento, em função das ações humanas, causando impactos nas esferas econômicas, sociais e ambientais (GUERRA, 2007 e 2016; LIMA, 2008; LOUREIRO, 2013; PEREIRA, 2016).

Segundo Fullen & Cat (2004) apud Guerra (2005), destacam que é fundamental que os solos sejam conservados para as atuais e futuras gerações. Embora a erosão diversas vezes não seja tratada com o devido cuidado pelos agentes sociais, econômicos e políticos, tão pouco compreendida como um problema fora do espectro ambiental. Os programas de conservação dos solos têm fracassado, em especial nos países em desenvolvimento, porque estes países têm cuidado desses problemas através de uma abordagem tradicional, de acordo com Blaikie (1985, apud GUERRA, 1994, p.21).

Segundo Cunha & Guerra (2006), a degradação ambiental refere-se às modificações pela sociedade aos ecossistemas naturais, alterando as suas características físicas, químicas e biológicas, comprometendo assim a qualidade de vida dos seres vivos. A aceleração da degradação pode ser resultado do manejo inadequado dos solos, somado às condições naturais. Por exemplo devido a expansão das áreas urbanas e atividades antrópicas que muitas das vezes não acompanham uma organização ou planejamento necessário para a sustentabilidade da natureza. (GUERRA e MARÇAL, 2012; PEREIRA, 2016).

No contexto em que a erosão é considerada uma das formas mais prejudiciais de degradação, podendo reduzir a capacidade produtiva dos solos e causar sérios impactos ambientais como o assoreamento de fontes de água (COGO R. LEVIEN & SCHWARZ, 2003; SATHLER et al., 2009; LIMA & GUERRA, 2019), devemos ressaltar o impacto das ações antrópicas que por transformarem as propriedades do solo e alterarem fatores condicionantes, fazem com que a erosão se constitua em um tipo de processo de degradação dos solos.(LOUREIRO, 2010; GUERRA & MARÇAL, 2012; MULLAN, 2013, GUERRA & MENDONÇA, 2014; LIMA & GUERRA, 2019).

A partir da premissa em que o espaço físico tem sido modificado pelas práticas econômicas, políticas e sociais as quais lhe atribuem valor e de que nem sempre essas práticas ocorrem de forma racional priorizando a natureza e o equilíbrio de seus ecossistemas, para compreender a erosão precisamos também conhecer os fatores da paisagem que de alguma forma influenciam o processo erosivo assim como as propriedades do solo que justamente é o elemento crucial nessa equação. Ainda sim, conhecer as diversas variáveis que compõe esse problema podem não ser suficientes para solucionar-lo, como teria sugerido Blaikie(1985), há uma dificuldade em 'isolar', no processo de erosão, os efeitos humanos, dos efeitos naturais.

4.2.1 Propriedades do solo

Embora também seja um dos principais fatores controladores da erodibilidade dos solos, as propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos serão aqui apresentadas separadamente dos outros fatores, não porque sejam independentes deste, mas sim porque engloba uma alta gama de variáveis que para melhor entendimento serão citadas uma a uma. Para Santos (2016), as propriedades dos solos influenciam a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade de absorção de água pelo solo, assim como a maior resistência a degradação dos solos e a remoção de partículas do mesmo, ou seja, são responsáveis por indicarem a suscetibilidade e resistência dos solos à erosão.

As principais propriedades que podem ser destacadas são: A textura dos solos, o teor e estabilidade dos agregados, a densidade do solo, a porosidade, o teor de matéria orgânica e o pH. Estas propriedades influenciam o movimento da água no solo, a distribuição das forças erosivas, e a resistência ao arrastamento das partículas, e na maioria dos casos, o efeito inicial mais importante é a forma como os solos vão responder à chuva (BRYAN, 2000; COLOMBANI et al., 2014 *apud* NEVES, 2015).

I) Textura

A textura segundo Santos(2016) se refere ao tamanho das partículas, onde algumas frações granulométricas são mais erodíveis que outras. É uma importante propriedade no estudo da susceptibilidade dos solos à erosão, pois algumas são mais facilmente removidas do que outras além de ser importante no condicionamento da coesão do solo, estabilidade de agregados e permeabilidade (NEVES, 2015; SANTOS, 2016; SANTOS, 2017).

De acordo com Neves(2015), os teores de silte e areia fina apresentam os maiores índices de estabilidade pois possuem maior resistência devido à maior coesão decorrente do aumento da superfície específica. Já a fração de argila possui maior resistência a remoção, principalmente quando forma agregados, dificultando também a infiltração. A fração de areia muito presente em solos arenosos geralmente os tornam mais porosos, permitindo maior infiltração e menor ocorrência de escoamento superficial em contrapartida ocorre maior remoção de sedimentos (BRYAM, 1974; GUERRA, 2007 *apud* NEVES, 2015; SANTOS, 2017).

II) Estabilidade dos agregados

O agregado é um conjunto de partículas do solo(silte, argila, areia) e sua estabilidade é influenciada pelo teor de matéria orgânica presente no solo (NEVES, 2015). A estabilidade dos agregados é um fator essencial na avaliação da vulnerabilidade e da degradação dos solos segundo Jaksík et al. (2015 *apud* Neves, 2015), é ela responsável por proporcionar maior porosidade, favorecendo a infiltração e diminuição do escoamento superficial, e maior resistência do solo à

erosão por salpicamento, por dificultar a ruptura dos agregados e o selamento do solo por conta do impacto das gotas. O teor de agregados diminui com a profundidade, pois está estritamente relacionado aos teores de matéria orgânica e argila que são fundamentais para sua formação e estabilidade (DE PLOEY e POESEN, 1985; MORGAN, 2005; GUERRA, 2012 e 2013; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014 *apud* PEREIRA 2016).

III) Densidade do Solo

A densidade do solo é a propriedade responsável por apresentar o grau de compactação dos solos. É inversamente proporcional à porosidade, ou seja, quanto maior a densidade do solo menor serão os espaços encontrados no solo, dessa forma, solos com alta densidade são mais suscetíveis a ocorrência de escoamento superficial enquanto os de baixa densidade possibilitam maior infiltração, porém lembrando que são variáveis não uniformes, portanto variam em conjunto com todas as outras propriedades e fatores aqui listados e uma delas é o teor de matéria orgânica. Logo, o teor de matéria orgânica e a classe textural do solo influenciam de maneira inversamente proporcional, solos com maior quantidade de material orgânico tendem a apresentar menor densidade aparente, os valores que caracterizam a densidade aparente como baixa é 1g/cm^3 e $1,5\text{g/cm}^3$ como alta. A densidade do solo é uma propriedade do solo que muitas das vezes será afetada por conta do uso e manejo que este recebe, sendo assim, situações em que há a retirada da cobertura vegetal e o pisoteio pelo gado ou a presença da agricultura mecanizada podem levar ao aumento da densidade aparente e conseqüentemente a compactação dos solos (MORGAN, 2005; GUERRA, 2007; LIMA, 2008 *apud* SANTOS, 2016; FERNANDES, 2018).

IV) Porosidade

Definida geralmente pela quantidade de espaços que não são ocupados por partículas sólidas e solo, ou seja, por gases e líquidos porosidade é obtida a partir do cálculo entre a densidade aparente e a densidade real. Segundo Santos(2016), a porosidade está estritamente atrelada a textura, pois esse fator influencia no

diâmetro dos poros, podendo estes serem micro ou macroporos, os quais retêm água por capilaridade e possibilitam a circulação da água durante a chuva respectivamente. Importante ressaltar que a alteração desta propriedade também altera a forma com que a água e o ar se movimentam no interior do solo. Normalmente os valores da porosidade dos solos estão entre 40% e 60% com extremos em 30% e 80% (GROHMANN, 1975 *apud* NEVES, 2015; PEREIRA, 2015; NUNES, 2017).

V) Matéria orgânica

O percentual de matéria orgânica apresentada pelos solos, muitas das vezes será um importante indicador a respeito da qualidade e estabilidade dos mesmos. Entretanto o material orgânico é um fator que possui grande diversidade (PEREIRA, 2015) atribuída a condições climáticas e características regionais da biota, sua influência sob o solo não pode ser vista como uma variável uniforme. Os resíduos orgânicos encontrados no solo comumente são provenientes de plantas e animais em diferentes estágios de decomposição que se encontram no local, estes resíduos formam uma espécie de camada que protege o solo, chamada de serrapilheira (CASTRO JUNIOR, 2004 *apud* LIMA, 2008; GUERRA, 2007 *apud* NEVES, 2015).

A matéria orgânica encontrada nos solos, além de exercer um papel de proteção à erosão dos solos, influencia também no aumento das ligações e reações químicas entre as partículas do solo que, além de contribuir para a estabilidade dos agregados, aumenta sua fertilidade através do fornecimento de nutrientes. Sua função também pode ser destacada por melhorar a infiltração dos solos, protegendo os mesmos do impacto da chuva e a criação de crostas na sua superfície e no armazenamento de água a qual muitas das vezes retorna à atmosfera por meio da evapotranspiração (GUERRA & JORGE, 2013; COELHO NETTO, 2015; PEREIRA, 2016).

Desse modo, quanto maior o teor de matéria orgânica no solo, maior será a estabilidade dos agregados, e maior será a resistência deles ao impacto das gotas de chuva, e assim maior resistência ao splash e a formação de escoamento superficial (FULLEN, 1991; GUERRA, 2005 e 2007; MORGAN, 2005; GARCÍA-RUIZ et al., 2013 *apud* NEVES, 2015).

Solos que apresentam menos de 2% de carbono orgânico, equivalente a 3,5% de matéria orgânica, são considerados erodíveis (MORGAN, 2005 apud SANTOS, 2016). Neves(2015) também destaca que índices inferiores a 3,5% de matéria orgânica, conferem ao solo maior susceptibilidade à erosão.

VI) pH

Por mais que seja difícil apurar a real influência do pH na erodibilidade dos solos, Guerra(2007 *apud* Neves 2015) destaca que solos com altos valores de pH indicam solos alcalinos, e possuem maior atividade biológica devido à dispersão de oxigênio, assim como que é por meio da medição dos valores de pH que se obtêm sua acidez ou alcalinidade, é uma propriedade que deve ser analisada em conjunto com as outras pois, segundo Pereira(2016) quando o solo se torna muito ácido, ou muito alcalino, é sinal de que ele pode estar, por exemplo, compactado, mau estruturado, com baixo teor de matéria orgânica, com baixa atividade biológica e fertilidade, baixa capacidade de retenção de água, sinalizando portanto condições de degradação.

4.2.2 Fatores erosivos

De acordo com Santos (2017), a erosão causada pela água em encostas é a que mais ocorre no mundo, possuindo duas fases básicas, são elas: a remoção de partículas do solo e o transporte dessas partículas pela superfície ou subsuperfície até diminuir a energia do fluxo e ocorrer a deposição do material em partes mais baixas da encosta, resultando numa terceira fase, ou lançando-o no canal fluvial.

A ação da água nas encostas é responsável pelo desenvolvimento dos processos erosivos mais comuns na superfície terrestre, começando pelo impacto da gota da chuva sobre o solo rompendo com a estabilidade dos agregados e promovendo a erosão por salpicamento (splash) através da desintegração das partículas superficiais, criando, em muitos casos, crostas (crust) na superfície do solo reduzindo a infiltração de água no mesmo, formando poças (ponds). Essas poças, ao se romperem ou transbordarem, e/ou o solo quando saturado provocam o escoamento superficial (runoff) difuso que promove a erosão laminar (sheet erosion), podendo evoluir para escoamento superficial concentrado, formando ravinas (rills) [...]. (SELBY, 1993; GOUDIE,1995; MORGAN, 2005; ARAUJO et al., 2007;

GUERRA, 2012, 2013, 2014 e 2015; GUERRA e MENDONÇA, 2014; OSMAN, 2014) conforme citados por SANTOS, 2017.

Ressaltando o papel da pluviosidade, compreende-se que a força cinética oriunda do impacto das gotas de chuva sobre o solo possui papel fundamental na no rompimento dos agregados do solo. A desagregação consiste na separação das partículas do solo, ocorrendo em seguida o transporte destas por *splash*(NEVES, 2015, FUSHIMI & NUNES, 2019).

A ação das gotas de chuva diretamente no solo podem gerar a formação de crostas na superfície, processo denominado como selagem do solo, ocorrendo assim diminuição da infiltração de água e conseqüentemente aumento do escoamento superficial. Os impactos gerados pelas gotas de chuva no topo do solo podem iniciar o processo de erosão antes de haver uma saturação do mesmo, isto é, devido a sua ação cisalhante, ocasionando as crostas que condicionam o escoamento d'água em superfície (*runoff*) (DALA ROSA, J et al.,2013; COELHO NETTO, 2015; ZUZA, 2019).

A água que chega aos solos pode ficar retida, escoar superficialmente ou infiltrar na subsuperfície. Entretanto, algumas variáveis irão determinar a forma com que essas etapas irão ocorrer assim como o grau de ruptura dos agregados, sendo a distribuição das chuvas e sua intensidade no espaço e no tempo, a cobertura vegetal, a topografia e também o uso e manejo dos solos.

4.2.2.1 Distribuição das chuvas

Analisar a erosividade das chuvas trata-se de uma questão complexa, considerando que há uma distribuição desigual da mesma no espaço e no tempo, sendo assim necessário ser estudada associando aos outros fatores que contribuem para erosão, de acordo com (REED, 1979; GUERRA, 2013 *apud* SANTOS, 2017). A intensidade e a duração das chuvas geralmente são parâmetros os quais se atribuem proporcionalmente ao aumento da erosão, logo, a energia cinética da chuva está relacionada à intensidade da chuva, porque é a energia total das gotas

existentes em um evento de precipitação (GUERRA, SILVA & BOTELHO, 2005, p. 19).

Entretanto, não só os eventos pluviais de grande intensidade e longa duração serão responsáveis pelos processos erosivos. A frequência das chuvas vão influenciar sob o escoamento superficial através da umidade dos solos (SANTOS, 2017). As chuvas não se distribuem de modo linear durante 24 horas, tendo momentos de maior e menor intensidade, sendo assim, muitas das vezes culminando na rápida saturação do solo, devido ao baixo volume que a rede porosa apresenta para absorver o líquido proveniente das precipitações (PEREIRA, 2016).

A maior frequência da distribuição das chuvas de baixa intensidade favorece o processo de umidade antecedente do solo, pois se trata de um ambiente que será constantemente umedecido. Em solos com baixa capacidade de drenagem, a umidade antecedente contribuiu na formação do escoamento e ajudou a acelerar os processos erosivos, devido à rápida saturação do solo (FANTIN, 2012; ZHANG et al., 2015b *apud* PEREIRA, 2016).

Desta forma, em certas situações de acordo com os fatores climáticos e as propriedades do solo, encontraremos solos com a umidade antecedente elevada devido a precipitações anteriores, resultando assim em maiores ocorrências de escoamento superficial, resultando em elevadas taxas de perda de solo por erosão laminar, principalmente, em áreas degradadas. Pereira et al. (2015) analisou em seu trabalho que as chuvas no período entre abril e outubro de 2014 foram de baixa intensidade (< 2,5mm/h) porém as taxas de erosão apresentadas foram elevadas, como já abordado.

4.2.2.2. Cobertura vegetal

A cobertura vegetal configura um dos principais fatores controladores para a erosão hídrica dos solos. Influenciando tanto na erodibilidade dos solos como sob o papel da erosividade da chuva, a cobertura vegetal desempenha um papel de proteção sob o solo, interceptando a água proveniente das chuvas e diminuindo a energia cinética das gotas modificando sua trajetória por conta de galhos, folhas e troncos.

Entre os fatores aqui abordados, pode ser considerado o maior impedimento à ocorrência da erosão. A camada de serrapilheira (matéria encontrada na superfície do solo proveniente da cobertura vegetal do local) é responsável por amortecer também o impacto das primeiras gotas de chuva que chegam ao solo, dessa forma reduzindo a ação da erosão por salpicamento ou *splash* (MORGAN, 2005; BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014; COELHO NETTO, 2015; NEVES, 2015; JUNIOR et al., 2018).

Além disso, a presença da matéria orgânica nos solos condiciona o aumento da rugosidade dos mesmos, fazendo com que a ocorrência do escoamento superficial seja menor. Sendo também fonte primária de nutrientes para as plantas, a serapilheira exerce influência sob a infiltração e retenção de água.(PEREIRA, 2015). A matéria orgânica nos solos também desempenha importante influência sobre a estabilidade dos agregados do solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014; COELHO NETTO, 2015; NEVES, 2015; ROCHA et al., 2019). Por conta disto, para Gregorich et al(1994) *apud* Pereira(2015), o conteúdo de matéria orgânica do solo é considerado um dos principais indicadores de sustentabilidade e qualidade dos solos.

Vale ressaltar que parte da água das chuvas fica retida nesta vegetação, proporcionando o retorno de parte desta para a atmosfera por conta da evapotranspiração. (GUERRA, 2007; LOUREIRO, 2010; COELHO NETTO, 2015; NEVES, 2015; FUSHIMI & NUNES, 2019). Através da dispersão da água da chuva, sua interceptação e armazenamento por folhas galhos e troncos, possibilitam a evapotranspiração que ocorre mesmo durante o evento da chuva.Segundo Santos(2017), Todavia, cada tipo de cobertura vegetal irá possuir respostas diferenciadas em relação à erosão e de acordo com Cunha e Guerra(2006 *apud* Neves, 2015) a vegetação mesmo em condições que há desmatamento não é a único fator condicionante da erosão e degradação dos solos, pois há o conjunto formado pelo uso e manejo do solo, topografia, erosividade da chuva, geologia e as propriedades físicas e químicas do solo.

4.2.2.3 Topografia

Segundo Neves(2015), a topografia é um dos fatores que irão contribuir na velocidade dos processos erosivos. A declividade em conjunto com outros fatores influenciam a característica dos fluxos assim como a disponibilidade de materiais a serem removidos (SANTOS, 2017). Além da declividade, aspectos como o comprimento e a forma da encosta irão afetar o comportamento da erodibilidade dos solos. Em alguns casos, a medida que o comprimento da encosta aumenta, o *runoff* pode aumentar ou diminuir, por este motivo é necessário levar em consideração mais de uma única variável para o levantamento de informações a respeito dos processos erosivos em encostas (MORGAN, 2005; GUERRA, 2007; PEREIRA, 2006 *apud* NEVES, 2015; ZUZA, 2019).

Por exemplo, altas declividades nem sempre serão responsáveis por proporcionarem maiores taxas de processos erosivos por ocorrência de escoamento superficial. Isso acontece devido ao fato de que em maiores declividades o solo tende a ser mais raso ocasionando uma baixa disponibilidade de materiais a serem removidos como já mencionado por Santos(2017). Por este motivo, em diversos estudos, se constatou que os solos com maior erodibilidade se encontraram na declividade entre 30° e 35°, pois a medida em que a declividade aumenta há menos ravinas, assim podendo-se atribuir uma maior resistência do solo a selagem.(POESEN & GOVERS, 1986; GUERRA, 2007 *apud* NEVES, 2015; SILVA et al., 2019).

A forma das encostas pode ser classificada em côncava, convexa e retilínea, a combinação dessas formas é muito importante no desencadeamento de processos erosivos, contribuindo para a concentração ou dissipação dos fluxos e materiais, favorecendo a infiltração vertical e/ou horizontal de água no solo, tal como influencia na espessura do solo (COOKE e DOORNKAMP, 1990; SELBY, 1993; GOUDIE, 1995; MORGAN, 2005; HUGGETT, 2007; GUERRA, 2013, 2015 e 2016 *apud* SANTOS, 2017).

Alguns autores destacam que a forma das encostas vem a ser mais importante para a erodibilidade dos solos do que a declividade, favorecendo o aumento do escoamento superficial, podendo também aumentar a velocidade do mesmo. A forma convexa por exemplo apresenta solos mais rasos e dispersa os

fluxos, gerando processos como rastejamento (*creep*), além de um maior potencial para formação de ravinas e voçorocas devido ao armazenamento de água nos topos das elevações. Já as côncavas geralmente são uma área de convergência de fluxos, com incidência de voçorocas, e de deposição de sedimentos. As formas retilíneas, por vezes, apresentam paredões muito íngremes e agem como dispersoras de fluxos (GUERRA, 2007 e 2016; BOTELHO e SILVA, 2014; NEVES, 2015; SANTOS, 2017).

4.2.2.4 Uso dos solos

O uso e manejo dos solos é um dos fatores que irá influenciar todos os outros aqui já citados, sendo também responsável pelas modificações na paisagem assim como o comportamento da erodibilidade e das propriedades dos solos. Para Pereira(2015) às atividades agrícolas também transformam a paisagem no campo, mesmo ocorrendo de forma menos intensa que nos espaços tidos como urbanos. A presença antrópica nos espaços rurais e seu impacto na transformação da paisagem pode ser percebido devido a atividades resultantes da mecanização do campo ao longo do tempo.

A intervenção antrópica pode mudar toda a holística de um sistema favorecendo problemas de ordem ambiental, econômico e social (AB'SABER, 1951 *apud* PEREIRA, 2015). Solos degradados apresentam grandes problemas de erosão, processos de escoamento superficial se tornam mais frequentes principalmente em solos onde houve retirada da cobertura vegetal e/ou possuem baixa capacidade de absorção (PEREIRA, 2016). Como citado por Neves(2015) e Santos(2017), problemas oriundos da agricultura mecanizada, superpastoreio e a redução de matéria orgânica dos solos em combinação com os processos erosivos podem resultar em grandes quadros de degradação dos solos devido a perda excessiva de material, resultando também em feições erosivas presentes na paisagem.

5. Metodologia

Neste trabalho foi adotado metodologias que utilizam-se dos Sistemas de Informações Geográficas(SIG). Sendo este um sistema composto por um hardware, software, dados e procedimentos, construído para capturar gerenciar, analisar, manipular modelar e exibir dados referenciados geograficamente para solucionar, planejar, gerenciar problemas (OLIVEIRA & CUNHA, 2007).

5.1. Determinação da Área de Estudo

O software em questão para obtenção das imagens foi o *Google Earth Pro*, com o objetivo de analisar a evolução da feição estudada e seus arredores, ao longo dos últimos 13 anos, sendo a primeira imagem escolhida datando o ano de 2007 e a mais recente do ano de 2019. A escolha do local de estudo e identificação das feições pelas imagens do software foram influenciadas pelo conhecimento prévio da área e também pela condição de acesso aos pontos de coleta das amostras, que só foram realmente averiguados com a ida a campo.

A ida a campo neste trabalho teve caráter fundamental, não só para a coleta das amostras em si, mas para validar a identificação das feições realizadas no software. Embora as imagens de satélite sejam de extrema importância para obtenção de dados e o monitoramento de uma área, o *Google Earth Pro* pode apresentar imprecisões relacionadas a área de estudo, por conta da resolução das imagens em si, assim como fatores atribuídos ao tempo e exposição à luminosidade que foram captadas.

Dessa forma, para obtenção de dados mais precisos e coerentes no quesito imagem aérea, o uso dos VANTs são uma ótima opção para agregar informações aos estudos, mapeamentos e monitoramentos geomorfológicos. Não tendo sido utilizado neste trabalho, a análise proposta para a avaliação da degradação do solo na área estudada, se limitou em identificar a área e o perímetro da feição e sua variação ao longo dos anos, utilizando as imagens obtidas e processando-as no

ArcMap 10.6.1 , assim como a análise de textura do solo feita de acordo com o método da EMBRAPA (2011).

5.2. Análise de Textura do Solo

De acordo com o método da EMBRAPA (2011), para determinar a textura, é necessário pesar 20g de solo já destorroado e seco, separar em um recipiente adicionando 100ml de água e 10ml de hexametáfosfato de sódio anidro (Calgon). Agita-se a solução formada com um bastão ou vareta de vidro e deixe-a de repouso por uma noite. Após isto, no dia seguinte a solução é transferida para um recipiente metálico com o auxílio de água, o aconselhável é que a solução não passe muito dos 150ml, com a ajuda de uma pisseta é possível administrar o volume de água.

No novo recipiente, a solução será agitada automaticamente por um agitador elétrico em um período de 15 minutos. Em seguida, deve-se passar a solução por uma peneira de 0,053 mm posicionada sobre uma proveta de vidro para separar a fração de areia do silte e da argila, através de uma lavagem com água destilada. Importante manter a atenção ao volume do interior da proveta que deve estar no máximo em 1L já com a amostra devidamente lavada. Com a proveta com o volume de um litro preenchido, seguimos para a separação das areias que ficaram retidas na peneira.

Para determinar a porção de areia fina e grossa é necessário transferir a areia retida na peneira de 0,053 para um recipiente e levar à estufa até secar. Após esta etapa é feita a pesagem da amostra para ter o peso total de areia grossa + areia fina e por fim para separá-las basta passar a amostra pela peneira de 0,2mm para ter a quantidade de cada tipo.

Para a determinação da argila, retornamos às provetas e se utiliza o método de pipetagem, mergulhando uma pipeta de 50 ml a uma profundidade de 5 cm após o tempo estipulado de acordo com a tabela de temperatura pela lei de Stokes.

Temperatura °C	Tempo	Temperatura °C	Tempo
10	5h 11'	23	3h 43'
11	5h 03'	24	3h 38'
12	4h 55'	25	3h 33'
13	4h 47'	26	3h 28'
14	4h 39'	27	3h 24'
15	4h 33'	28	3h 19'
16	4h 26'	29	3h 15'
17	4h 20'	30	3h 10'
18	4h 12'	31	3h 07'
19	4h 06'	32	3h 03'
20	4h 00'	33	2h 58'
21	3h 54'	34	2h 55'
22	3h 48'	35	2h 52'

Tabela 1: Temperaturas e tempo para a realização da pipetagem. Fonte: EMBRAPA(2011).

Por fim, a solução coletada das provetas é transferida para a estufa em 105° até secar, importante também retirar 50ml da proveta de prova, contendo 10ml de calgon dispersos em 1L de água destilada, sua subtração entra nas fórmulas . Os valores encontrados para as frações obtidas na análise devem ser inseridos nas equações a seguir:

$\text{Teor de argila} = [\text{argila (g)} + \text{dispersante (g)}] - \text{dispersante (g)} \times 1.000$
$\text{Teor de areia fina} = \text{areia fina (g)} \times 50$
$\text{Teor de areia grossa} = [\text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}] - \text{areia fina} \times 50$
$\text{Teor de silte} = 1.000 - [\text{argila (g)} + \text{areia fina (g)} + \text{areia grossa (g)}]$

6. Resultados e Discussão



Figura 4: Material residual do interior da voçoroca

A coleta das amostras foi realizada no dia 03/02/2020 no período da manhã. Nos dias anteriores que precederam à ida a campo, chuvas torrenciais assolaram o estado do Rio de Janeiro, desta forma foi possível também registrar o material residual depositado na beira da estrada, oriundo do interior da voçoroca estudada. Embora os dias tenham sido chuvosos ao longo da semana, não impossibilitaram a coleta das amostras que foram feitas no interior da feição.

Foi coletado um número de seis amostras ao longo da vertente, respeitando as orientações do manual de procedimentos de coletas de amostra da EMBRAPA(2006). Duas amostras para cada lateral da voçoroca, lado direito e esquerdo e duas para a cabeceira, nas profundidades de 0-10cm e 10-20cm após a limpeza da superfície e a retirada de folhas e galhos.

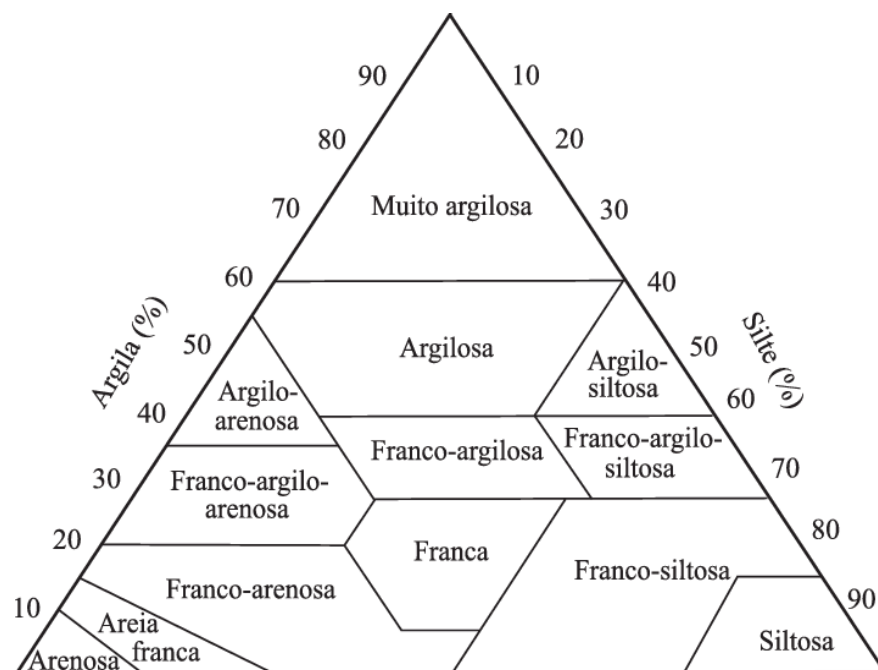


Figura 5: Pirâmide de classificação textural dos solos. Fonte: (EMBRAPA, 2011).

A partir da análise laboratorial das amostras foi determinada a classe textural do solo da voçoroca estudada sendo predominantemente o franco arenoso, onde ocorre a predominância de propriedades de areia e uma taxa de argila inferior a 15% do valor total na granulometria. Em cada local foram realizadas duas repetições nomeadas na tabela com as letras A, B.

A textura dos solos tem grande importância sob a ação da erosão, estando diretamente ligada às taxas de infiltração e caracterizando o comportamento de cada partícula do solo. De acordo com Guerra(2014) *apud* Garritano(2018), as porções de areia fina e silte são uma das mais erodíveis do solo, já que partículas mais grosseiras possuem maior resistência ao transporte. Os solos da voçoroca apresentaram valores de silte em torno de 50%.

A fração de argila por sua vez possui maior resistência ao transporte, principalmente quando forma agregados, entretanto altos teores de argila dificultam a infiltração. A fração de areia muito presente em solos arenosos geralmente os tornam mais porosos, permitindo maior infiltração e menor ocorrência de escoamento superficial em contrapartida ocorre maior remoção de sedimentos. (MORGAN, 2005; NEVES, 2015, SANTOS, 2016; GARRITANO; 2018; BARROSO, 2019).

Amostras	Local	Profundidade	Repetições	Granulometria (g/kg)				
				Argila	Areia Total	Areia Grossa	Areia Fina	Silte
ALE1	Lado Esquerdo	0 a 10cm	A	0,113	8,904	7,372	1,532	10,983
			B	0,117	9,318	7,684	1,634	10,565
ALE2	Lado Esquerdo	0 a 20cm	A	0,114	9,55	8,216	1,334	10,336
			B	0,125	9,907	8,493	1,414	9,968
ALD1	Lado Direito	0 a 10cm	A	0,196	9,832	7,51	2,322	9,972
			B	0,191	9,844	6,947	2,897	9,965
ALD2	Lado Direito	10 a 20cm	A	0,131	9,243	6,764	2,479	10,626
			B	0,179	9,702	7,549	2,153	10,119
AC1	Cabeceira	0 a 10cm	A	0,123	10,044	7,059	2,985	9,833
			B	0,141	9,526	7,064	2,462	10,333
AC2	Cabeceira	10 a 20cm	A	0,114	10,259	7,794	2,465	9,627
			B	0,136	9,786	7,591	2,195	10,078

Tabela 2: Resultado das análises laboratoriais referentes a textura das amostras de solo. ALE = Amostra lado esquerdo; ALD = Amostra lado direito; AC = Amostra da cabeceira.

Coelho Netto (2015) determina que solos que apresentam textura mais grosseira e com alto teor de matéria orgânica apresentam maior capacidade de infiltração. Solos com textura franca, ou seja, médias, apresentam média susceptibilidade à erosão, apresentando moderada capacidade de desagregação das partículas e gera escoamento superficial. (NEVES, 2015; GARRITANO, 2018; BARROSO, 2019).

A perda de sedimentos devido à precipitação é a principal causa para o surgimento e o conseqüente crescimento de uma voçoroca, quanto maior o volume de chuvas em uma área, maior a sua propensão ao surgimento desse tipo de erosão. Outro fator hidrológico importante é a taxa de infiltração do solo, regiões onde essa taxa é baixa são mais propensas ao escoamento superficial causando assim um deslocamento de um grande volume de sedimentos, e conseqüentemente a ação do voçorocamento (CARDOSO & PIRES, 2008).

A predominância de solos franco-arenosos assim como a grande presença de silte encontrada nas amostras, podem indicar que os solos da área estudada estão suscetíveis ao intemperismo de forma mais rápida além de possuírem restrita capacidade de retenção de água e de nutrientes. Os teores de argila indicam uma baixa agregação, logo há mais remoção de material também por conta de sua característica arenosa e a possível presença de macroporos.



Figura 6: Imagens de satélite obtidas pelo *Google Earth Pro*

- A imagem respectiva ao ano de 2007 representa a maior área de abrangência da voçoroca, tendo $132,73\text{m}^2$. A vegetação ao redor ainda não consolidada permitiu a ocorrência de outras feições erosivas, que vistas da estrada se assemelham a um grande barranco.
- No ano de 2012, cinco anos após o registro da primeira imagem há um recuo na expansão da voçoroca, passou a ter uma área de $69,94\text{m}^2$, isso pode indicar que houve uma menor atividade erosiva ao longo desse período e que a vegetação também exerceu algum papel sobre o avanço da erosão na contenção do seu perímetro e na perda de material.
- Em 2016 há um aumento de tamanho, tendo $115,56\text{m}^2$, embora não tenha alcançado as proporções apresentadas em 2007, esse aumento foi de 65.2% o tamanho de 2012.
- Em 2019 a voçoroca teve uma pequena diminuição em seu tamanho, equivalente a 6.8%, apresentando $107,61\text{m}^2$, podendo estar em um período de estabilização, com a ida a campo foi possível notar uma grande concentração de

vegetação em seu interior próximo a estrada, entretanto a sua parte superior onde estão as paredes laterais e a cabeceira continua exposta, havendo marcas no chão causadas pelo escoamento superficial.

Mapa Hipsométrico do Município de Rio Claro - RJ

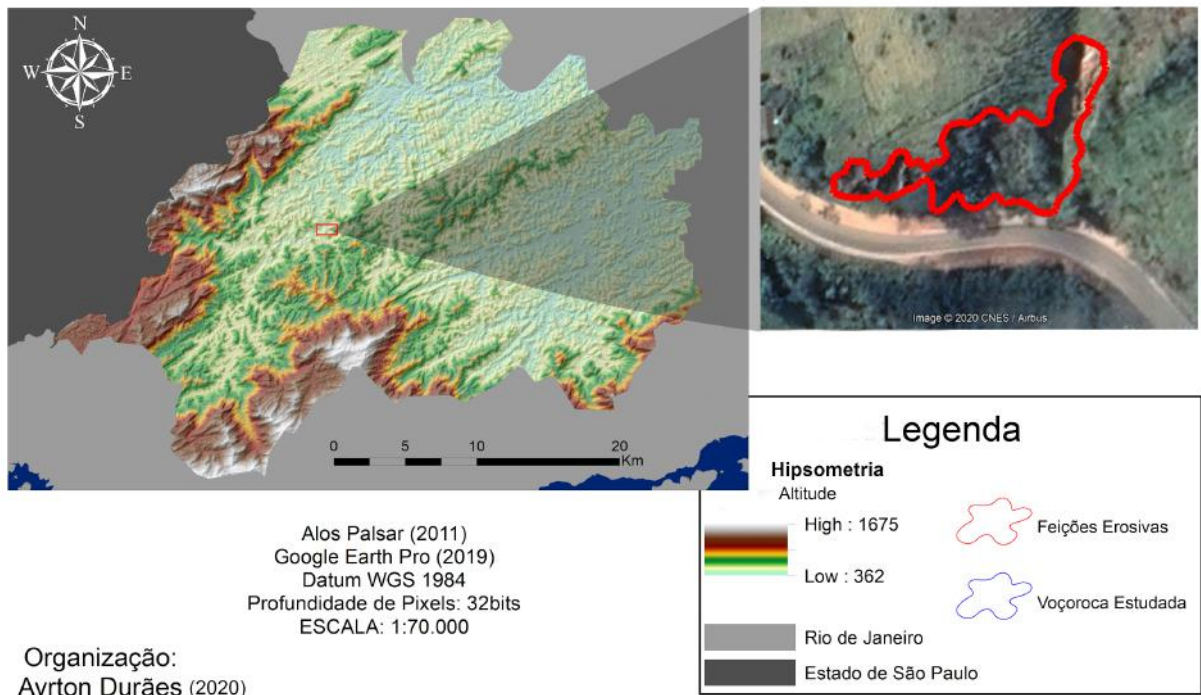


Figura 7: Mapa Hipsométrico do Município de Rio Claro.

O uso de componentes temporais associados às informações espaciais auxiliam na compreensão de padrões na dinâmica do uso do solo assim como nas mudanças que ocorrem na paisagem (AMARAL, 2019). A partir de diferentes escalas temporais é possível avaliar a intensidade e evolução do processo erosivo, embora as imagens possuam intervalos temporais distintos ao longo dos doze anos 2007-2019. (PÉREZ e GARCIA, 2017).



Figura 8: Perfil de elevação da cabeceira da voçoroca até a estrada.

Ao lado do mapa hipsométrico há a imagem mais ampla da área estudada que mostra um grande conjunto de feições erosivas, no entanto uma delas se destaca na imagem, situada à direita, a voçoroca possui proporções muito maiores do que a visitada e inclusive ela foi a primeira a ser identificada com o auxílio do *Google Earth Pro*. Embora sua identificação tenha sido feita de forma remota, a ida a campo se mostrou fundamental pois ao chegar no local não só constatou-se a existência de todas as feições visualizadas no *software* assim como a impossibilidade de acesso a algumas delas por conta da declividade muito íngreme da encosta.

Sobreposição Temporal das Dimensões da Voçoroca Estudada em Rio Claro - RJ

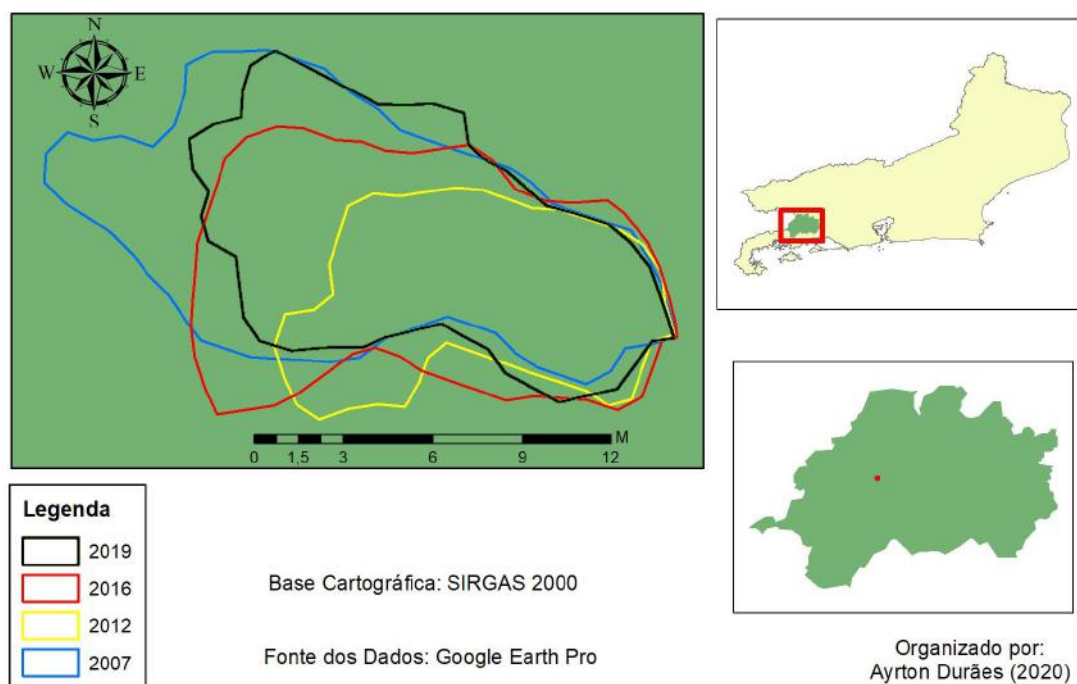


Figura 9: Mapa da sobreposição temporal das dimensões da voçoroca estudada em Rio Claro - RJ

Com as imagens obtidas através do *Google Earth Pro* foi possível obter registros da área estudada em uma sequência histórica iniciada em 2001 até o ano de 2019. A partir delas foram confeccionados polígonos sobrepondo o contorno da voçoroca nos anos de 2007, 2012, 2016 e 2019, posteriormente transformando os arquivos KML obtidos em *shapefiles* para que fosse possível utilizá-los no *ArcMap 10.6.1* para a obtenção dos números e criação dos mapas.

Ano	Área	Perímetro
2007	132,73m ²	53,79m
2012	69,94m ²	37,79m
2016	115,56m ²	46,22m
2019	107,61m ²	46,22m

Tabela 3: Área e Perímetro da Voçoroca nos anos de 2007, 2012, 2016 e 2019.

Portanto, é possível notar que ao longo dos anos houve períodos de recuo no crescimento da voçoroca entre 2007 e 2012, assim como de expansão entre 2012 e 2016. As imagens e os números obtidos através do levantamento prévio realizado no programa ajudam a identificar esse processo, podemos considerar portanto, que apesar das limitações do *Google Earth Pro*, este *software* pode se mostrar uma ótima ferramenta para obtenção de dados por si só, entretanto, quando acompanhado de outras técnicas de obtenção de imagem e análise de dados, seu desempenho se torna muito mais eficaz.

7. Considerações Finais

Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que assim como estudos anteriores realizados na região, o solo apresentou teores de areia e silte semelhantes, nesse caso superiores a 45%. enquanto os teores de argila não passaram muito dos 15%. Isso pode indicar solos com um menor índice de coesão dos solos e formação de agregados.

A predominância de solos franco-arenosos pode apontar solos porosos que possibilitam uma maior infiltração de água e conseqüentemente menor ocorrência de escoamento superficial, solos com características arenosas no entanto apresentam maior susceptibilidade à erosão, devido à baixa agregação, devido aos baixos teores de argila, logo há mais remoção de material.

A pesquisa também demonstrou o papel do sensoriamento remoto na obtenção de imagens e na análise do espaço, auxiliando neste caso no levantamento preliminar e na identificação de feições erosivas. A partir do uso do *Google Earth Pro* foi possível não só identificar estas feições mas também obter múltiplas imagens de datas anteriores ao campo, embora o *software* tenha problemas quanto a precisão e a resolução das imagens, o que torna o trabalho de campo fundamental para a constatação das informações, o *Google Earth Pro* pode ser considerado uma importante ferramenta no planejamento das atividades de campo além de possibilitar a localização pontual de formas e feições erosivas como a voçoroca.

Com a análise multitemporal a partir das imagens obtidas foi possível perceber que houve uma redução de tamanho da voçoroca no período de tempo entre 2007 e 2012, voltando a se expandir entre os anos de 2012 e 2016 de forma longitudinal, e de 2016 até 2019 há uma nova redução

Embora esta seja uma análise superficial, que pode se complementar com outras fontes, as imagens ajudaram a entender que há um processo de erosão ativo e que há também um processo de colonização da voçoroca por conta da presença de vegetação como gramíneas e alguns arbustos. Próximo a cabeceira foi possível observar em campo a ausência de vegetação assim como as suas laterais expostas,

no solo ainda são visíveis incisões provocadas pelo escoamento da água em seu interior.

Sendo assim, o papel da escala fundamental nos estudos realizados com o propósito de identificar e monitorar feições erosivas, tanto no aspecto temporal quanto no espacial sabendo-se que quanto maior o número de períodos a ser analisados e maior a faixa de tempo, maior e melhor a especificação das dinâmicas que estão ocorrendo nas paisagens.

Nesse sentido vale ressaltar que com os avanços tecnológicos, monitoramentos frequentes podem ser possíveis através do uso de VANTs, os quais têm ganho espaço dentro dos estudos geomorfológicos, auxiliando no planejamento e compreensão da paisagem. Embora não utilizado neste trabalho, os drones são ferramentas que hoje são quase indispensáveis por conta de seu custo benefício, praticidade e produção de imagens de alta resolução espacial, espectral e radiométrica, se tornando importantes ferramentas no acompanhamento de áreas degradadas.

Por fim, pode-se afirmar que para monitoramentos mais precisos assim como um diagnóstico completo é preciso haver acompanhamento das áreas degradadas em escalas de tempos menores e um maior número de análises laboratoriais dos solos envolvendo outras propriedades também, para que sejam informações que se dialoguem.

8. Referências Bibliográficas

AMARAL, Felipe Gonçalves. **Análise Espaço-Temporal e Trajetória Evolutiva da Mata Atlântica Através de Imagens Orbitais entre 1985 e 2018 No Estado do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado.PPGG UFRJ.Rio de Janeiro, 2019. 174 f.

BATISTA, D. C. L.;VIEIRA, A. F. S. G.; MARINHO, R.R. **Uso do "Google Earth Pro" no Mapeamento de Voçorocas na área urbana de Manaus (AM), Brasil**. 2018.

BARROS, Junior W.W; SILVA J.A.F; LUGON, J.J, Moreira M.A.C, SANTOS L.F.U. **Análise da paisagem com o uso de geotecnologias: uma proposta metodológica para o planejamento territorial da região hidrográfica VIII-RJ**. Revista de Geociências do Nordeste 4. 2018

BARROSO. Vinicius. P. M. **Uso de VANT no diagnóstico de uma feição erosiva no alto curso do rio pirai, município de Rio Claro - RJ**. PPGG - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2019.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014.

BEZERRA, J.F.R. Reabilitação de áreas degradadas por erosão em São Luís/MA. In: GUERRA, A.J.T. e JORGE, M.C.O. (Orgs.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. 2011. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 31-65.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 153-192.

CARDOSO. Rafael S. B; PIRES, Lucas V. **Voçorocas: Processos de formação, prevenção e medidas corretivas**. Universidade Federal de Viçosa. 2008.

CASSETI, VALTER. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 02/03/2020

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de encostas na interface com a Geomorfologia**. In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. da. (Orgs.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil. 7º edição, 2015.

COGO, N. P., LEVIEN, R. & SCHWARZ, R. A. **PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROÇÃO HÍDRICA INFLUENCIADAS POR MÉTODOS DE PREPARO, CLASSES DE DECLIVE E NÍVEIS DE FERTILIDADE DO SOLO.** Porto Alegre, 2003.p, 743-753.

CUNHA, RIAN DE QUEIROZ. **Atuação de ONGs ambientalistas em Unidades de Conservação Fronteiriças: o caso do WWF Brasil.** Monografia (Bacharel em Geografia), Departamento de Geografia, Instituto de Geociências (IGEO), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2017.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Degradação Ambiental.** In: Geomorfologia e Meio Ambiente. Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 7ª edição, 2006.

DALA ROSA, J. et al. **Processo de formação de crostas superficiais em razão de sistemas de preparo do solo e chuva simulada.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, n.2, p.400-410, 2013.

DANTAS, M.E. et al. **Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica.** Revista TERRAE Didática. Vol 11. 2015. 10 pg.

DE SOUSA, Cheila Bonati do Carmo. **Solos e Sociedade: Popularização do Conhecimento para o Manejo Adequado do Solo.** Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA. 2017. p,59.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ. Documentos. 2ª edição, 2011. 212p

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos.** Jaguariúna: EMBRAPA-CNPQ. Documentos. 1ª edição, 2006. 169p

FERNANDES, Y.A.D; SILVA, M.T.O; PORTELA, J.C. **Densidade do Solo e Resistência Mecânica à Penetração de Cambissolos em Agroecossistemas no Semiárido Potiguar.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.12, nº.3, p. 2673 - 2682, 2018

FERREIRA, K.T.R. **O uso e aplicação de imagens e ferramentas do Google Earth no geoprocessamento: estudo de caso das erosões no Campo de Instrução no**

município de Formosa - GO. Monografia (Graduação), Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 40p.2012.

FISCH, F.; MENEZES, J. T.; BRANCO, J. O. **Análise da paisagem na região do saco da fazenda, Itajaí/SC através do sensoriamento remoto.** Boletim de Geografia, Maringá, v. 34, n. 1, p. 96-107, 2016.

FLORENZANO, Tereza Galloti (Org.). **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FUSHIMI, M; NUNES, J.O.R. **Uso da terra e cobertura vegetal na dinâmica erosiva linear das áreas rurais do município de Presidente Prudente, estado de São Paulo.** AMBIENTES. Volume 1, Número 1, pp. 128-145. 2019

GARRITANO, F.N. **Diagnóstico de erosão por voçorocas na bacia do Alto Rio Pirai, município de Rio Claro –RJ.**PPGG –UFRJ: Rio de Janeiro, 2018.

GOIS, Laís S.S; SANTOS, Jardel. E. B; VASCONCELOS, YAN C.R.V. **O USO DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO EM ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS: UM OLHAR SOB OS SIMPÓSIOS NACIONAIS.** Revista Contexto Geográfico. Maceió-AL V. 3. N.6 Dezembro/2018 P. 56 – 65 Página 56.

GUERRA, A. **A Erosão dos Solos no Contexto Social.** Anuário do Instituto de Geociências, 1994.

GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. & BOTELHO, R.G.M. (Org). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações.** 2ª Ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2005.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 3, p. 149-209.

GUERRA, A. **Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos.** *Revista Do Departamento De Geografia*, 16, 32-37. 2011.

GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 225-256.

GUERRA, A.J.T. **Erosão dos Solos e Movimentos de Massa: Abordagens Geográficas**. Rio de Janeiro: CRV, 2016. 219 p.

INEA; **Plano de Manejo do Parque Estadual Cunhambebe**. Secretaria do Estado do Rio de Janeiro. 2015

ITPA; IEF (Brasil); Prefeitura Municipal de Rio Claro. **Estudos técnicos para criação de UCs**. Rio de Janeiro - Rio Claro: PMRC, 2011

JORGE, M. C. O. **Potencial geoturístico e estratégias de geoconservação em trilhas situadas na região sul do município de Ubatuba – SP**. 242 f. 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

JUNIOR, N.G; CARVAHO. M.B; ANDREETTA, A.B. **Análise multitemporal e as alterações do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Córrego Carro Queimado no município de Três Lagoas - MS**. XIV fórum Ambiental Paulista, 2018.

LIMA, L. D. M. **Suscetibilidade à erosão dos solos nas sub-bacias do médio e alto cursos da bacia do rio Macaé/RJ**. 2008. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de PósGraduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

LIMA, P. A; GUERRA, A.J.T. **Degradação do Solo em Municípios do Sul do Estado de Mato Grosso do Sul Decorrente da Implantação da Colônia Agrícola Nacional de Dourados – CAND**. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ - Vol. 42 - 1. p. 402-412. 2019.

LOUREIRO, H. A. S; JORGE, M. C. O; GUERRA, A. J. T **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo : Oficina de Textos, 2013.

LOUREIRO, H. A. S. **Monitoramento e diagnostico de áreas degradadas na bacia hidrográfica do rio São Pedro (RJ): estudos experimentais em voçoroca e utilização de geotexteis de fibra de bananeira**.2013. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion and Conservation**. 3. ed. England: Blackwell, 2005.

MUGGLER, Cristine Carole et al. **EDUCAÇÃO EM SOLOS: PRINCÍPIOS, TEORIA E MÉTODOS**. Viçosa, Brasil. 2005. p.734-740.

MUGGLER, Cristine Carole; PINTO SOBRINHO, Fábio de Araújo and MACHADO, Vinícius Azevedo. **Educação em solos: princípios, teoria e métodos**. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* [online]. 2006, vol.30, n.4, pp.733-740. ISSN 1806-9657.

MULLAN, D. **Soil erosion under the impacts of future climate change: Assessing the statistical significance of future changes and the potential on-site and off-site problems**. *Catena*, v. 109, 2013, p. 234-246.

NEVES, Sara Regina de Araújo; GUERRA, Antonio José Teixeira; NUNES, Gabriel Finotti dos Reis. **A erodibilidade dos solos no médio e baixo curso da bacia hidrográfica do rio Mateus Nunes (Paraty, RJ)**. In: TERRITÓRIOS BRASILEIROS: DINÂMICAS POTENCIALIDADES E VULNERABILIDADES, 16., 2015, Teresina, Piauí: ., 2015. v. 16, p. 1 - 7.

NUNES, G.F.R., **Comparação das propriedades químicas e físicas dos solos em área degradada e de reflorestamento na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras – Rio Claro, RJ** – Rio de Janeiro: UFRJ, 2017. Monografia em Geografia.

OLIVEIRA, D. **O conceito de solo sob o olhar de crianças do Ensino Fundamental em escolas de São Paulo-SP**. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v.36, Ed. especial, p. 210–214, 2014.

OLIVEIRA, Olga Maria Góes de; CUNHA, Rita Dione Araújo. **Paisagem Ambiente: ensaios** - n. 24 - São Paulo - p. 39 - 48 - 2007.

PEREIRA, L. S.; JORGE, M. C. O.; RODRIGUES, A. M.; GUERRA, A. J. T. **Contribuição das chuvas de baixa intensidade nos processos erosivos superficiais em ambiente degradado**. *Revista Equador*. Teresina, v. 4, p. 343-350, 2015.

PEREIRA, Leonardo dos Santos et al. **PROCESSOS HIDRO-EROSIVOS EM SOLOS DEGRADADOS EM RELEVO DE BAIXA DECLIVIDADE**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [s.l.], v. 17, n. 2, p.300-316, 30 jun. 2016. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i2.877>.

PÉREZ, E.; GARCÍA, P. **Monitoring soil erosion by raster images: from aerial photographs to Drone taken pictures.** *European Journal Of Geography, Europa*, v. 7, n. 5, p.117-129, fev. 2017.

RANGEL, L. A.; MARTINS, M. B.; GUERRA, A. J. T. **Impactos ambientais causados pela utilização de trilhas na reserva ecológica da Juatinga, Paraty, RJ.** In: VALEJJO, L. R.; PIMENTEL, D. D.; MONTEZUMA, R. C. M. (Org.) *Uso público em Unidades de Conservação: planejamento, turismo, lazer, educação e impactos.* Niterói: Ed. Alternativa, 2016.

RAYNAUT, C. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, n. 10, p. 21-32, jul/dez.UFPR. 2004.

RIBEIRO, H.J. FERREIRA, N.C. KOPP, T.S.R. PEREIRA, W.N.O. **SENSORIAMENTO REMOTO EM ECOLOGIA DA PAISAGEM: ESTADO DA ARTE.** São Paulo, UNESP,Geociências, v. 38, n.1, p.257-267, 2019

ROCHA, T.M; SOUSA, M.V; MEDEIROS, G.F. **Influência da cobertura vegetal (capim brachiaria Ruziziensis) na erodibilidade dos solos do município de Araguaína - TO.** IX Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental (REGEO 2019). São Carlos - São Paulo. Brasil © IGS-Brasil/ABMS, 2019.

SANTOS, R. C.; GUERRA, A. J. T; NUNES, G. F. R. **Avaliação da Erodibilidade dos Solos em Encostas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Serra da Bocaina: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Pequeno, Paraty-RJ.** In: II Simpósio Mineiro de Geografia e IV Seminário de Pós-Graduação em Geografia, 2016, Juiz de Fora. Anais..., 2016. p. 1110- 1124.

SANTOS, Rafael Carvalho. **AVALIAÇÃO DA EROSÃO DOS SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO, PARATY – RJ.**Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado. PPGG UFRJ. 140p. 2017.

SATHLER, R.; POLIVANOV, H.; GUERRA, A.J.T.; BARROSO,E.V. **Caracterização de Voçorocas na Ilha do Maranhão.** *Anuário do Instituto de Geociências.* Rio de Janeiro: UFRJ. Vol. 32 - 1/2009, p. 34-45, 2009.

SEABRA, V. S. **Análise da paisagem em apoio aos estudos de favorabilidade à recuperação florestal na bacia hidrográfica do rio São João.** Tese de Doutorado. PPGG UFRJ. 196 p. 2012.

SILVA, J. M. F.; SANTO, L. J. C. **O sensoriamento remoto na pesquisa geomorfológica: aplicação no município de Antonina, Paraná.** Revista Geonorte, Edição especial, V.2, N, 4, p.13636-1645, 2012.

SILVA, A.J; SILVA, P.L.F; NETO, N.G.F. **Erosão Entressulcos e Escoamento Superficial em Solo com Diferentes Coberturas e Declividades.** XV da Agronomia. Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Paraíba, 2019.

ZUZA, J.F.C. **Erodibilidade em Entressulcos e Encrostamento Superficial em Solos do Semiárido Sob Aplicação de Gesso Agrícola.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 2019.

WERLANG, M.K. **Geomorfologia.** Santa Maria-RS: UFSM, NTE. 2019