

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

HENRIQUE DA SILVA MARTINEZ

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETECTAR
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS: ESTUDO DE CASO EM
CIANORTE – PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2015

HENRIQUE DA SILVA MARTINEZ

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETECTAR
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS: ESTUDO DE CASO EM
CIANORTE – PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB) do Câmpus Campo Mourão da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Profº Orientador: Drº José Hilário Delconte
Ferreira

Profº Co-Orientador: Msc Edivando Vitor do Couto

CAMPO MOURÃO
2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETECTAR NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS: ESTUDO DE CASO EM CIANORTE – PR

por

HENRIQUE DA SILVA MARTINEZ

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 13 de fevereiro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Drº. José Hilário Delconte Ferreira

Prof. Msc. Edivando Vitor do Couto

Prof. Drª. Débora Cristina de Sousa

Prof. Drª. Maristela Denise Moresco Mezzomo

"O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental".

AGRADECIMENTOS

Agradecer é preciso!

E em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus pela força, saúde, e alegrias que me proporcionou durante esses cinco anos. Os obstáculos se tornaram um pouco menos duros quando precisei de sua ajuda e graças a você consegui alcançar mais um objetivo na minha vida.

Gostaria de agradecer aos meus familiares, pais, irmãos, tios e primos que a todo o momento sempre me deram a força necessária para continuar batalhando e nunca me deixaram desanimar. Quero deixar meus agradecimentos especiais para meus irmãos Cabeça, Zeca e Ricardo que são mais que irmãos, são amigos no dia a dia. Quero deixar algumas palavras também a meu Pai, José Carlos Martinez, e sua esposa, Helena Pereira, que me ajudaram desde o primeiro dia que cheguei a Campo Mourão e me receberam de braços abertos durante todo esse tempo que estive aqui presente, sempre proporcionando muitas alegrias.

Meus agradecimentos vão para uma pessoa mais que especial na minha vida. Uma pessoa que sempre lutou para que seus quatro filhos estudassem e nunca mediu esforços para que isso acontecesse agora falta pouco para ela ver seu último filho se formar. Se estou perto de realizar mais uma conquista devo isso a você, portanto essa conquista também é sua e só tenho que dizer muito obrigado por tudo Mãe.

Gostaria de deixar minha gratidão aos professores, José Hilário Delconte Ferreira e Edivando Vitor do Couto, pelo tempo que proporcionaram para minha orientação. Gostaria de agradecer pela oportunidade e dizer que aprendi muito trabalhando no Laboratório de Geoprocessamento. Gostaria de agradecer a professora Débora Cristina de Sousa por auxiliar com as análises estatísticas do trabalho e por sempre estar à disposição para tirar as dúvidas que foram surgindo. Quero agradecer também a professora Maristela Moresco Mezzomo por ter participado de minha banca e ter trazido sugestões que engrandeceram o trabalho.

E por último gostaria de deixar meus agradecimentos aos colegas e amigos que sempre me apoiaram e proporcionaram muitas alegrias durante esses cinco anos. Sempre juntos fazendo um churrasco, uma janta ou para tomar uma cerveja nos bares da vida.

RESUMO

MARTINEZ. Henrique da Silva. Uso do Sensoriamento Remoto Para Detectar Neossolos Quartzarênicos: Estudo de Caso em Cianorte - PR. 2015. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

Esse trabalho de conclusão de curso apresenta uma pesquisa na área de sensoriamento remoto visando à identificação dos Neossolos Quartzarênicos no noroeste do estado do Paraná. Esses solos apresentam alta suscetibilidade aos processos erosivos o que pode causar problemas como perda de solos, produtividade e assoreamento dos corpos hídricos. No programa Google Earth® foram selecionados 5 pontos dentro da cidade de Cianorte que, supostamente, ocorriam Neossolos Quartzarênicos. Depois dessa seleção foi utilizada uma imagem RapidEye® que abrange parte do município de Cianorte e os pontos de verificação. Essa imagem foi utilizada para calcular os índices MSBI (Misra Soil Brightness Index, SBIMSS (Tasselled Cap - Soil Brightness Index MSS) e SBL (Soil Background Line), sendo que depois de calculados esses índices foram importados para o SIG SPRING e transformados em imagem, podendo assim, associá-los com as bandas da cena RapidEye®. Dessa forma, pode-se realizar composições coloridas e retirar amostras de pixels das áreas identificadas como Neossolos Quartzarênicos. Os resultados que destacaram com mais eficiência os Neossolos Quartzarênicos foram encontrados no segundo fatiamento com intervalo de 14583,33 a 17500 para o índice MSBI e 12437,5 a 14312,5 para o índice SBIMSS, sendo que para o índice SBL não foram encontrados resultados satisfatórios para os Neossolos Quartzarênicos. No entanto, além de destacar os Neossolos Quartzarênicos os fatiamentos realizados também destacaram outros elementos da imagem como os telhados. Dessa forma, foi realizado o teste estatístico análise dos componentes principais (PCA), que obteve um resultado de 78,32% de diferença entre as amostras de Neossolos Quartzarênicos e telhados para o índice MSBI e 77,35%% para o índice SBIMSS. Esse resultado deve-se principalmente a composição dos Neossolos Quartzarênicos que são formados basicamente por areia, o que proporciona uma uniformização na reflectância dessas amostras, já os telhados são formados por materiais distintos o que resulta em percentual de reflectância diferente para cada tipo de material. Assim, os índices MSBI e SBIMSS foram os que destacaram com mais eficiência os Neossolos Quartzarênicos, sendo que para o índice SBL não foram encontrados resultados nos três fatiamentos realizados. Cabe destacar que nesse trabalho os resultados apresentados foram em função dos índices MSBI e SBIMSS e não diretamente da reflectância dos telhados e Neossolos Quartzarênicos, além disso esse trabalho pode ser um ponto de partida para futuras pesquisas na área, já que não foram encontrados trabalhos similares no Brasil.

Palavras-chave: Neossolos Quartzarênicos. Sensoriamento Remoto. Índices Multiespectrais.

ABSTRACT

MARTINEZ. Henrique da Silva. **The Use of Remote Sensing to Detect Quartzarenic Neosols: Case Study in Cianorte - PR.** 2015. 55p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2015.

This course conclusion work presents a study in the area of remote sensing aiming to identify the Quartzipsamments Neosols in northwestern Paraná state. These soils present high susceptibility to erosion which can cause problems such as loss of soil, productivity and silting of water bodies. On the Google Earth® program 5 points were selected inside the city of Cianorte, which supposedly occurred Quartzipsamments Neosols. After this selection, it was used one RapidEye® image covering part of the Cianorte municipality and the verification points. This image was used to calculate the indexes MSBI (Misra Soil Brightness Index, SBIMSS (tasselled Cap - Soil Brightness Index MSS) and SBL (Soil Background Line), and then these indexes calculated were imported to the GIS SPRING and transformed into image, being possible then, to associate them with the bands of RapidEye® scene. Thus, one can perform color compositions and take samples of pixels of the areas identified as Quartzipsamments Neosols. The results that highlighted with more efficiency the Quartzipsamments Neosols were found in the second slicing with an interval from 14583.33 to 17500 for the MSBI index and from 12437.5 to 14312.5 for the SBIMSS index, and for the SBL index no satisfactory results were found for the Quartzipsamments Neosols. However, besides highlighting the Quartzipsamments Neosols the slicing performed also managed to highlight other elements from the image such as the roofs. Thus, it was performed the statistical test Principal Component Analysis (PCA), which received a 78.32% score of difference among the samples of Quartzipsamments Neosols and roofs for MSBI index and 77.35% for SBIMSS index. This result is mainly due to the composition of Quartzarenic Neosols which are basically formed of sand, which provides a uniform reflectance on these samples, since the roofs are made of different materials which results in different reflectance percentage for each type of material. Thus, MSBI and SBIMSS indexes were the ones that highlighted more effectively the Quartzarenic Neosols, and for the SBL index no results were found in the three slicing performed. It is worth mentioning that in this study the results were in function of the indexes MSBI SBIMSS and not directly from the reflectance of roofs and Quartzarenic Neosols, furthermore this work can act as a starting point for future research in the area, since there were no similar studies found in Brazil.

Keywords: Quartzarenic Neosols. Remote Sensing. Multispectral indexes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Órbita do sistema RapidEye®.....	18
Figura 2: Localização do município de Cianorte em relação ao Estado do Paraná, região onde foi desenvolvido o estudo piloto para identificar os Neossolos Quartzarênicos por meio de ferramentas de sensoriamento remoto.....	21
Figura 3: Classes Geológicas do município de Cianorte - PR.....	22
Figura 4: Classes de solos do município de Cianorte - PR	24
Figura 5: Pontos amostrais demarcados na imagem RapidEye®, cena 2228107, de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR.....	26
Figura 6 - Registro fotográfico de como os Neossolos Quartzarênicos aparecem no meio ambiente.....	30
Figura 7 – Classes com a melhor resposta do índice MSBI para os Neossolos Quartzarênicos no primeiro fatiamento sobreposto a composição colorida na imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR.....	33
Figura 8 - Classes com a melhor resposta do índice MSBI para os Neossolos Quartzarênicos no segundo fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR	34
Figura 9 - Faixa com a melhor resposta do índice MSBI para os Neossolos Quartzarênicos no terceiro fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR.....	35
Figura 10 - Faixa com a melhor resposta do índice SBIMSS para os Neossolos Quartzarênicos no primeiro fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR.....	37
Figura 11 - Faixa com a melhor resposta do índice SBIMSS para os Neossolos Quartzarênicos no segundo fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR	38
Figura 12 - Faixa com a melhor resposta do índice SBIMSS para os Neossolos Quartzarênicos no terceiro fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR.....	39
Figura 13 - A - Imagem do Google Earth® do município de Cianorte - PR mostrando telhados de onde foram retiradas amostras, B - Imagem do Google Earth® do município de Tapejara - PR mostrando uma usina de cana de açúcar de onde foram	

retiradas amostras, C e D - Áreas A e B com sobreposição do resultado do segundo fatiamento do índice MSBI na composição colorida realizada para a imagem RapidEye®	41
Figura 14 - A - Imagem de perfil do Google Earth® de um processo erosivo remontante no noroeste do Paraná, B - Imagem frontal do Google Earth® de um processo erosivo remontante no noroeste do Paraná, C - Resultado do segundo fatiamento do índice MSBI, D - Resultado do segundo fatiamento do índice SBIMSS	46
Figura 15 - A - Imagem do Google Earth® do município de Cianorte - PR indicando um ponto de ocorrência de Neossolos Quartzarênicos, B - Registro fotográfico do ponto de ocorrência do Neossolos Quartzarênicos, C e D - Indicação do ponto de verificação com sobreposição do resultado do segundo fatiamento dos índices MSBI (C) e SBIMSS (D) na composição colorida realizada para a imagem RapidEye®	47
Figura 16 – Localização dos pontos de coleta e identificação dos solos em campo.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes do 1º fatiamento realizado para os índices MSBI, SBIMSS e SBL	30
Tabela 2 - Classes do 2º fatiamento realizado para os índices MSBI e SBIMSS	31
Tabela 3 - Classes do 3º fatiamento realizado para os índices MSBI e SBIMSS	32
Tabela 4 – Área total classificada pelo índice MSBI no segundo fatiamento	36
Tabela 5 – Área total classificada pelo índice SBIMSS no segundo fatiamento.....	40
Tabela 6 - Valores de variância encontrados, para o índice MSBI, através da Análise dos Componentes Principais.....	42
Tabela 7 - Valores de variância encontrados, para o índice SBIMSS, através da Análise dos Componentes Principais	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 EROSIÃO NO NOROESTE PARANAENSE	13
3.2 SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMA RAPIDEYE®	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	20
4.2 ANÁLISE DE CAMPO	25
4.3 ANÁLISE DE LABORATÓRIO	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS.....	29
5.2 ÍNDICES MULTIESPECTRAIS	30
5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	41
5.4 RECORTES DA CENA RAPIDEYE®.....	45
6 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE	54

1 INTRODUÇÃO

Com crescimento da população brasileira nas últimas décadas ocorreu à necessidade de aumentar a produtividade agrícola, o que gerou uma crescente expansão e exploração do solo. Essa exploração sem o conhecimento prévio de suas características físicas, químicas e biológicas, aliada a falta de técnicas de manejo e conservação, tem sido um dos maiores problemas para a manutenção dos solos, pois gera problemas como a erosão (LEONARDO, 2003).

Segundo Oliveira et al. (2011) a incorporação de terras ao processo produtivo, em zonas tropicais, tem transformado alguns fragmentos da paisagem em áreas críticas, pois a ocupação do solo ocorre por diversas vezes de maneira inadequada, não levando em consideração o uso sustentável do espaço territorial.

No noroeste do estado do Paraná, a expansão da colonização e das culturas cafeeiras sobre os solos arenosos provenientes do Grupo Caiuá, na década de 1940, aceleraram a suscetibilidade natural dos solos arenosos da região aos processos erosivos, dando início às inesperadas erosões e voçorocamentos que tornaram os problemas erosivos do noroeste do estado mundialmente conhecidos (CASAGRANDE, 2012).

Os processos erosivos do noroeste paranaense promovem perdas de solos e de produtividade, e conseqüentemente a esses processos desencadearam outros problemas ambientais como os assoreamentos dos rios, o surgimento de voçorocas urbanas e o desabamento de casas, pistas e rodovias que davam acesso aos municípios do noroeste (IPARDES, 2004).

Segundo Santos (2006), o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) vem estudando o noroeste do estado desde 1970 e buscando alternativas para recuperação dos solos, a preservação de recursos naturais e o crescimento da atividade agrícola local. Podem-se citar as contribuições acadêmicas de Nóbrega et al. (1992), Cunha (1996), Nakashima (1999), Gasparetto (1999), dentre outras, que procuraram compreender a gênese e evolução do meio físico do noroeste do Estado do Paraná, associando essas questões ao desenvolvimento dos processos erosivos.

O controle e prevenção dos processos erosivos são primordiais para o desenvolvimento do meio urbano e a manutenção das atividades econômicas nas zonas rurais. Dessa forma, o entendimento das características e funcionalidades do

meio físico são primordiais para auxiliar na prevenção e controle da cobertura pedológica, promovendo o uso e ocupação do solo ambientalmente mais equilibrado.

Nesse sentido, o planejamento ambiental das áreas com fragilidade aos processos erosivos se faz necessária para manter e preservar o meio ambiente e seus recursos. De acordo com Ross (2006) o processo de planejamento e gestão do ambiente deve se basear em dois conceitos: base teórico-metodológica e nas tecnologias da informação.

As tecnologias da informação vieram com o advento da informática, com o tratamento de dados digitais, a produção de produtos cartográficos e o desenvolvimento de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e *Global Position Systema* (GPS) que transformaram a forma de manipular os dados do ambiente e da sociedade.

Nesse contexto, a utilização de ferramentas do sensoriamento remoto pode ser uma eficiente forma para o levantamento de informações sobre os processos erosivos. Esses procedimentos incluem desde a interpretação visual, pautado na experiência do intérprete, até a utilização de procedimentos mais sofisticados como a aplicação de técnicas e métodos de processamento digital de imagens e geoprocessamento (JENSEN, 2009).

As ferramentas do sensoriamento remoto aplicadas, em conjunto, com imagens de satélite de alta resolução do sistema RapidEye® e índices multiespectrais, podem contribuir para identificação dos Neossolos Quartzarênicos, já que, essa cobertura pedológica está associada à fase inicial dos processos erosivos que ocorrem no noroeste do Paraná.

Assim, o objetivo deste trabalho é utilizar técnicas de sensoriamento remoto aliadas com imagens de alta resolução e índices multiespectrais para identificar Neossolos Quartzarênicos no noroeste do Paraná, desenvolvendo um estudo piloto no município de Cianorte – PR.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar um índice de sensoriamento remoto para detecção de Neossolos Quartzarênicos que são indicadores de processos erosivos nos solos desenvolvidos sobre os Arenitos do Grupo Caiuá.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Organização de um banco de dados geográficos (BDG) com imagens de média-alta resolução do sistema RapidEye® a fim de aplicar índices multiespectrais;
- Testar diversos índices multiespectrais de sensoriamento remoto em dados do sistema RapidEye® com análise das imagens em laboratório.
- Fazer o reconhecimento em campo a fim de comprovar a classificação de Neossolos Quartzarênicos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 EROSÃO NO NOROESTE PARANAENSE

A principal causa das transformações ocorridas na paisagem é ocasionada pelos processos erosivos. Essas alterações no meio ambiente podem ser provocadas pelas diversas atividades ligadas ao uso do solo, tais como, a agricultura, a implantação de centros urbanos e a construção de rodovias que podem concentrar o escoamento superficial nessas localidades. O efeito dessas ações é a aceleração dos processos erosivos que ocorrem naturalmente no ambiente e trazem como consequências, perdas de solo, poluição dos corpos hídricos, assoreamento de rios e reservatórios e também a perda de ecossistemas aquáticos e terrestres (SEMA, 2010).

De acordo com Guerra; Silva; Botelho (1999) os processos erosivos são determinados a partir da energia cinética da chuva e podem ser influenciados por outros parâmetros como a quantidade de precipitação e a intensidade da chuva. O estágio mais inicial desse processo é a erosão por salpicamento, sendo seguida pela ruptura dos agregados, formação de crostas e selagem dos solos, saturamento de água do solo, escoamento superficial e formação de ravinas e voçorocas.

A região Noroeste do Paraná está praticamente toda sob o domínio do Arenito Caiuá, formação geológica que possui solos de textura arenosa, que apresentam grande vulnerabilidade aos processos erosivos. Esses processos ocorrem principalmente na camada superficial na terra causando sulcos, ravinas e voçorocas (MINEROPAR, 2006).

Os processos erosivos no noroeste paranaense tiveram início no fim da década de 1940 do século XX no processo que foi chamado de marcha para o oeste, como consequência da expansão da cafeicultura. As áreas de cafeicultura no estado ficavam praticamente em todo Terceiro Planalto Paranaense em regiões de solos com características arenosas da Bacia do Paraná com predominância dos arenitos da Formação Caiuá, cujas características do solo e do relevo local colocam o noroeste do estado em umas das áreas mais suscetíveis à erosão (CASAGRANDE, 2012).

De acordo com Manosso (2006) na década de 1970 os baixos preços do café aplicados no exterior fizeram os agricultores diversificarem as culturas, introduzindo como alternativas o milho, a soja, o trigo e as pastagens plantadas. Com essas culturas vieram novos investimentos na terra, modificando as características da agricultura na região e também trazendo novos impactos sobre o solo. Nesse contexto, o solo é utilizado apenas como recurso econômico, sem a preocupação de garantir a conservação de suas propriedades.

Manosso (2006) também descreve que a utilização no campo de maquinários, insumos e defensivos agrícolas levaram os agricultores a produzir em terras que antes eram inviáveis para certas atividades, como ocorreu com a produção de soja nos solos de origem do Arenito Caiuá. Como efeitos dessas transformações, na dinâmica dos solos, vieram problemas como a compactação e a erosão.

O uso inadequado dos solos do noroeste paranaense trouxeram problemas como a perda de fertilidade natural dos solos, mudanças no regime hídrico, o surgimento de sulcos, ravinas, voçorocas, deslizamento, solifluxão, compactação e aumento do escoamento superficial. Também cabe ressaltar que no noroeste a alta carga de sedimento proveniente das vertentes vem causando o assoreamento dos corpos hídricos e, conseqüentemente, elevando os níveis de poluentes químicos (Cr, Hg, Cd, etc) e de resíduos orgânicos e inorgânicos nos mananciais (NAKASHIMA, 1999).

Em seu estudo, Nakashima (1999) evidencia que os processos erosivos na cidade de Paranavaí - PR evoluem do talvegue para a montante, sendo que as formas mais características são representadas pelos sucros, ravinas e voçorocas. Essas erosões lineares são formadas, principalmente, pela intensidade do escoamento superficial, causadas pela impermeabilização do solo na cidade.

As erosões lineares na cidade de Paranavaí segundo Nakashima (1999) também podem surgir a partir da ocorrência de piping, erosão sub-superficial que segundo Augustin e Aranha (2006) surgem através do transporte de pequenas partículas do solo pela água ou até mesmo pela remoção de seus constituintes por solução, que formam pipes ou túneis.

Na cidade de Nova Esperança - PR Nakashima (1999) verificou que os sulcos e ravinas são frequentemente encontrados nas zonas com criação de bovinos. Essas erosões são formadas principalmente pelo pisoteio do gado próximo aos ribeirões,

onde as ravinas evoluem da jusante para montante quando a cobertura pedológica encontrada são as Areias Quartzosas, os atuais Neossolos Quartzarênicos (EMBRAPA, 2006).

Nesse mesmo estudo, no município de Cianorte - PR, foram encontradas feições erosivas mais aparentes perto do centro urbano, no entanto, ocorrem a presença de sucros, ravinas e voçorocas já na zona rural que se iniciam nos canais de drenagem e avançam para montante por reativação (erosão remontante).

O município de Cianorte, conforme definido por Nakashima (1999), está inserido na unidade morfopedológica II, mas encontra-se muito próximo aos sistemas pedológicos III e V. No sistema pedológico II os Latossolos predominam por toda a vertente, sofrendo transformações apenas na baixa vertente quando ocorre à cobertura podzólica, os atuais Argissolos (EMBRAPA, 2006), que acaba no fundo dos vales.

No fundo dos vales podem ocorrer solos com hidromorfia bem definida como é o caso dos solos Gley, os atuais Gleissolos (EMBRAPA, 2006), ou solos muito arenosos e esbranquiçados que são os Neossolos Quartzarênicos. Nesse sistema pedológico os processos erosivos são favorecidos por causa do aspecto friável dos Neossolos Quartzarênicos, que surgem no fundo dos vales e evoluem em direção à alta vertente.

O sistema pedológico III apresenta predominância de cobertura latossólica nas altas vertentes, sendo que da média a baixa vertente esse tipo de solo sofre transformações que dão origem ao B textural. Em certos trechos da vertente o B textural pode se transformar em Neossolos Quartzarênicos, passando para Gleissolos no fundo dos vales.

Nesse compartimento pedológico as erosões ocorrem devido à circulação interna da água nos solos e a solução dos seus constituintes, sendo mais comuns da média a baixa vertente, que modificam os solos em materiais friáveis e inconsistentes como é o caso dos Neossolos Quartzarênicos.

O sistema pedológico V por estar em uma área de transição de duas formações geológicas, Grupo Caiuá e Formação Serra Geral, apresenta características pedológicas diferenciadas. Nesse compartimento pedológico ocorre o predomínio da cobertura latossólica nas altas vertentes.

Essa cobertura pedológica sofre transformações ao longo da vertente dando origem aos Argissolos e aos solos originados do basalto, no caso, a terra roxa

estruturada. Nesse sistema pedológico as erosões são encontradas, principalmente, nas áreas urbanas com a presença de ravinas e voçorocas.

Ao realizar a topossequência Sítio Três Leões no município de Cianorte - PR, Gasparetto (1999) verificou a presença de Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos na baixa vertente e fundo de vales. As áreas de ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos foram descritas por Nakashima (1999) e Gasparetto (1999) como altamente suscetíveis aos processos erosivos, devendo assim, evitar a criação de gado e manejo de culturas agrícolas nesses locais, já que, essas atividades estão entre as principais causas do agravamento das erosões.

Nóbrega e Cunha (2011) ao analisar as topossequências 1 e 2 realizadas por Karling (2000) em Cidade Gaúcha - PR mostram que os Neossolos Quartzarênicos ocorrem através da variação da textura e estrutura dos solos da alta vertente, devido à drenagem superficial e interna da água.

A passagem da água altera o sistema pedológico, da montante a jusante, com a retirada de argila dos horizontes superficiais dos solos, da alta e média vertente, e também de todos os horizontes da baixa vertente. Com a retirada de toda a argila dos horizontes o volume de areia, de cor esbranquiçada, se espessa dando origem aos Neossolos Quartzarênicos.

Os Neossolos Quartzarênicos encontrados nos fundos dos vales são formados por grãos de areia simples que não apresentam coesão, sendo facilmente removidos pelo escoamento superficial e sub-superficial da água. Esse processo resulta em um solo altamente suscetível aos processos erosivos, que instalados nessa cobertura pedológica evoluem para montante e afetam os solos que são mais estáveis (NÓBREGA; CUNHA, 2011).

Nesse contexto, a identificação das áreas com suscetibilidade aos processos erosivos, por meio de ferramentas de sensoriamento, pode auxiliar no planejamento ambiental dos municípios do Noroeste do Paraná, servindo como subsídio para os agricultores realizarem o manejo adequado de suas propriedades com o menor custo de técnicas de conservação do solo.

3.2 SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMA RAPIDEYE®

Com o desenvolvimento da tecnologia surgiram sensores que, instalados em satélites artificiais, promoveram uma dinamização na forma de mapeamento da terra. As imagens captadas por satélites, aviões (fotografias aéreas) e da superfície terrestre, seja ela próxima ou distante, são formas de se captar dados por sensoriamento remoto (FLORENZANO, 2002).

O sensoriamento remoto começa a aparecer nesse cenário como uma tecnologia de baixo custo na obtenção de imagens e de alta resolução espacial, captadas por sensores multiespectrais de alta resolução que atendem as escalas exigidas para o mapeamento sistemático (ROSA, 2005). O termo sensoriamento remoto remete a instrumentos capazes de obterem imagens da superfície terrestre, por meio, do armazenamento da radiação eletromagnética refletida a partir do contato entre energia solar e objetos terrestres (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Com o surgimento de *softwares*, exclusivos, para tratamento de imagens houve a possibilidade de criar imagens com diferentes composições coloridas, ampliações para um maior grau de detalhe e classificação temática do que nela fosse identificado, tornando possível a elaboração de mapas técnicos, que auxiliam na obtenção de informações gerais sobre diversas atividades como a geologia, agricultura, uso do solo, vegetação, relevo e de qualidade ambiental (SAUSEN, [198-?]).

As imagens de sensoriamento remoto, muitas vezes, estão em escalas menores do que aquelas disponibilizadas por outros meios, o que possibilita a cobertura de áreas maiores. Dessa maneira é possível fazer levantamentos de grandes extensões de área com maior facilidade de trabalho e sem aumentar os custos de investimento (REMPEL, 2000).

Nesse cenário, o surgimento de sensores de detecção remota de alta resolução trazem dados mais precisos para o monitoramento do ambiente, auxiliando no processo de preservação e manutenção ambiental. A constelação RapidEye® (Quadro 1) é formada por cinco satélites de alta resolução, com sensores idênticos e no mesmo plano orbital o que aumenta sua capacidade de revisitação e captação de imagens (FELIX; KAZMIERCZAK; ESPINDOLA, 2009).

Número de Satélites	5
Altitude da Órbita 630 km	630 km, órbita síncrona com o Sol
Hora de Passagem no Equador	11:00 hs (aproximadamente)
Velocidade	27.000 km/h
Largura da Imagem	77 km
Tempo de Revisita	Diariamente (off-nadir); 5,5 Dias (nadir)
Capacidade de Coleta	4,5 milhões de Km ² /dia
Tipo do Sensor	Multiespectral (pushbroom imager)
Bandas Espectrais 5	5 (Red, Green, Blue, Red-Edge, Near IR)
Resolução Espacial (nadir)	6,5 m
Tamanho do Pixel (ortorretificado)	5 m
Armazenamento de Dados a Bordo	Bordo 1.500 km de dados de imagens por órbita
Resolução Radiométrica	12 bits
Velocidade de Download (banda X)	80 Mbps

Quadro 1 – Especificações técnicas dos Satélites do sistema RapidEye®
Fonte – FELIX; KAZMIERCZAK; ESPINDOLA, 2009.

Esses satélites estão há uma distância de 630 km da superfície terrestre e tem como característica o tamanho pequeno de cada satélite (aproximadamente 1 m³). Cada sensor possui uma largura de varredura de 77 km que em conjunto permitem uma revisitação diária, sendo que os sensores operam de forma sincronizada saindo do norte em direção ao sul com órbita hélio síncrona (GARCÍA; BRONDO; PÉREZ, 2012; AMS KEPLER [200-?]).

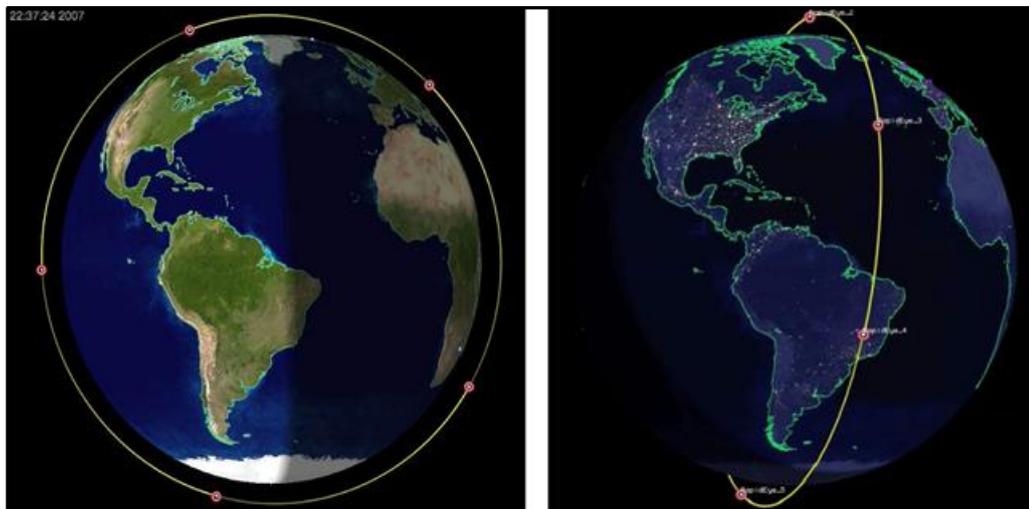


Figura 1 - Órbita do sistema RapidEye®
Fonte: AMS Kapler, 2014

A resolução espacial original de cada banda desse satélite é de 6,5 metros, mas quando passam pelo processo de ortorretificação as bandas são reamostradas e passam a apresentar uma resolução de 5 metros, resultando em imagens corrigidas de alta resolução e com escala de 1: 25.000 (FELIX; KAZMIERCZAK; ESPINDOLA, 2009).

Esses satélites ainda apresentam 5 bandas espectrais (Quadro 2), além de ser o primeiro sistema orbital a trazer a banda *Red-Edge* específica para avaliar a atividade fotossintética da vegetação (FELIX; KAZMIERCZAK; ESPINDOLA, 2009).

Banda 1	440 – 510 μm	Blue
Banda 2	520 – 590 μm	Green
Banda 3	630 – 685 μm	Red
Banda 4	690 – 730 μm	Red edge
Banda 5	760 – 850 μm	Near Infrared

Quadro 2 – Comprimentos de onda das bandas dos Satélites do sistema RapidEye®
Fonte: adaptado FELIX; KAZMIERCZAK; ESPINDOLA, 2009

Com a combinação das bandas desse satélite é possível obter resultados diferenciados, que auxiliam no planejamento em áreas que são afetadas pela ação antrópica. Essa combinação de bandas somada com a resolução das imagens pode trazer uma classificação significativa referente ao uso do solo, diferenciando os cursos de água, o solo exposto, as florestas e a agricultura (MOURA et al., 2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Cianorte que está localizado na mesorregião noroeste do estado Paraná entre as longitudes O 52° 51' 37" e O 52° 22' 31" e latitudes S 23° 29' 55" e S 23° 57' 19" (Figura 2). Essa mesorregião está situada em área de transição geológica entre a Formação Caiuá formada por arenitos friáveis e Serra Geral composta por basaltos maciços (MINEROPAR, 2006).

O município de Cianorte apresentou no ano de 2013 uma população estimada de 75.360 pessoas, tendo na agropecuária uma das suas principais fonte de renda. Nesse mesmo ano as culturas mais representativas produzidas no município foram as culturas de soja, milho, mandioca e cana-de-açúcar, além do expressivo número de galináceos que no ano de 2012 foi de 8.524.000 cabeças, o que colocou Cianorte entre os 20 maiores produtores nesse ramo de atividade no Brasil (IPARDES, 2013; IBGE, 2012).

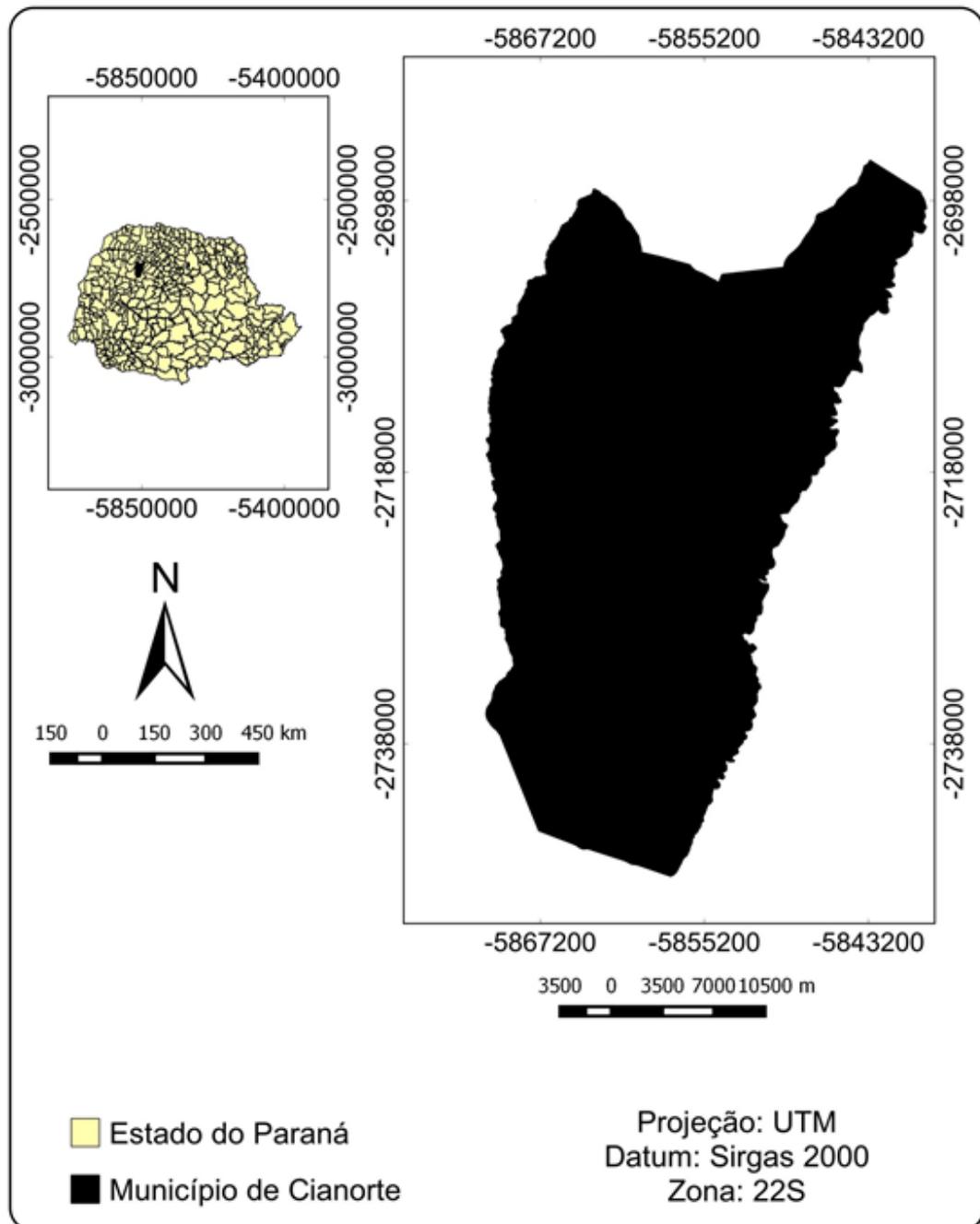


Figura 2: Localização do município de Cianorte em relação ao Estado do Paraná
 Fonte: adaptado de Divisão Político-Administrativa do Paraná (2013), ITCG, escala 1: 100.000.

Organização: Autoria Própria

O município de Cianorte está localizado em área de transição geológica entre as Formações Caiuá e Serra Geral como pode ser notado na Figura 3.

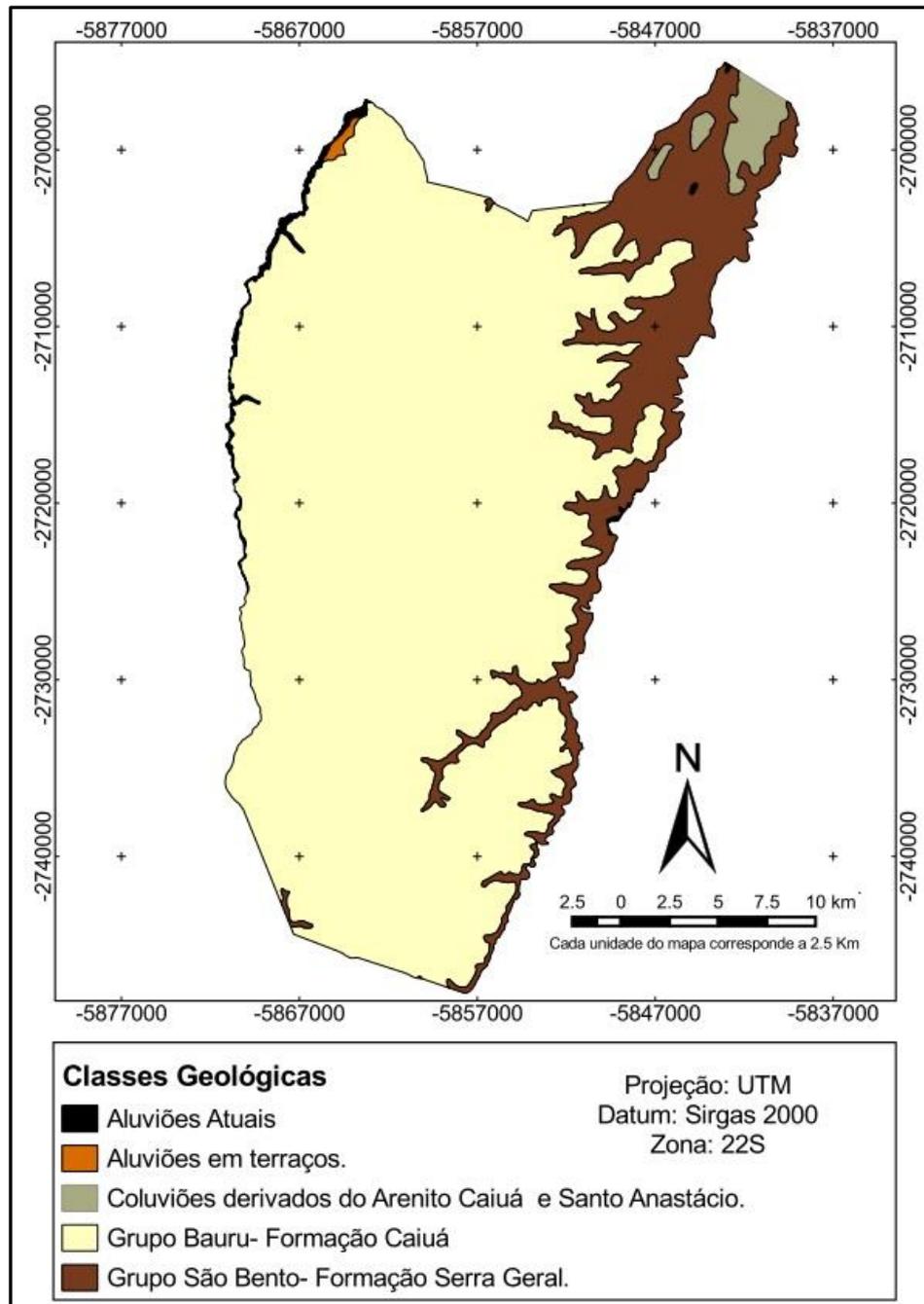


Figura 3: Classes Geológicas do município de Cianorte - PR
 Fonte: adaptado Carta Geológica do Paraná, MINEROPAR (2006), Folhas SF22-Y-C e SF22-Y-D, Escala 1: 250.000
 Organização: Autoria Própria

O Grupo Caiuá tem em sua composição arenitos finos e médios, selecionados por lamina, com pouca fração de argila de cor marrom-arroxeadado a avermelhado. É formada principalmente por grão de quartzo e quantidades inferiores de feldspatos, calcedônia e opacos. Os grãos são, geralmente, arredondados e subarredondados, foscos e revestidos por fina camada de óxido de ferro

(FERNANDES, 1992). A composição dessas rochas apresenta média a alta vulnerabilidade aos processos de intemperismo e erosão, além de apresentarem baixo potencial mineral (MINEROPAR, 2006).

O município de Cianorte apresenta clima, predominantemente, subtropical (Cfa) segundo a classificação de Köppen (1948). O clima subtropical tem temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C. Além disso, possui verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, mas sem estação seca definida (CAVIGLIONE et al., 2000).

De acordo com o sistema de classificação de solos EMBRAPA (2006) os solos encontrados em Cianorte são os Latossolos Vermelhos, Nitossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos - Amarelos e Gleissolos Háplicos (Figura 4).

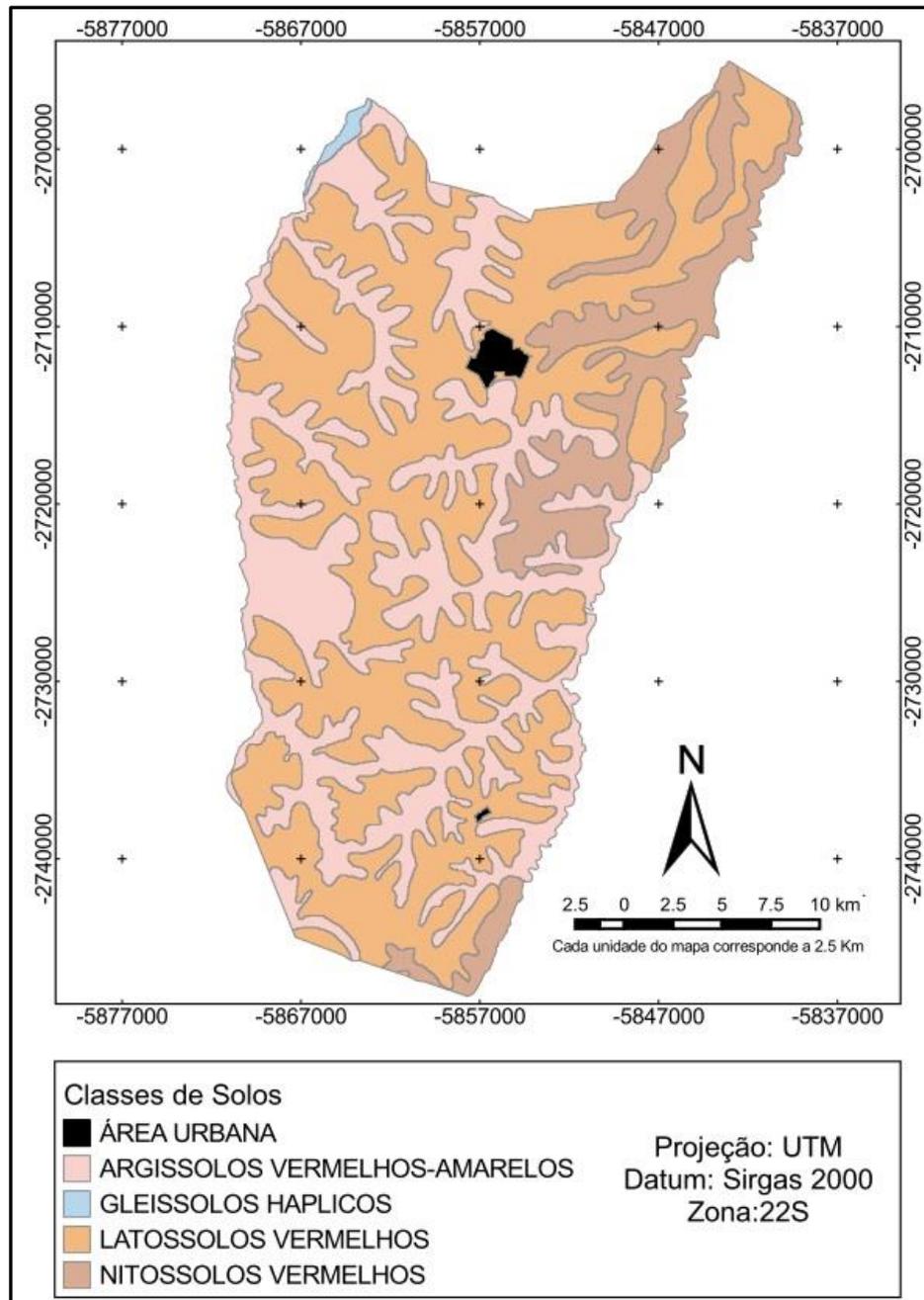


Figura 4: Classes de solos do município de Cianorte - PR
Fonte: adaptado Carta de solos do Paraná, EMBRAPA SOLOS (2006), Folhas MI-495 e MI-496, Escala 1: 250.000
Organização: Autoria Própria

Os Latossolos possuem material mineral, com horizonte B latossólico abaixo de qualquer horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. Esses solos são frequentemente encontrados em relevo plano e suave ondulado e possuem alto grau de intemperização e grande profundidade, sendo que também ocorrem em áreas de relevo acidentado (EMBRAPA, 2006).

Os Nitossolos compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa, estrutura em blocos subangulares, angulares e prismáticas de grau moderado ou forte. São moderadamente ácidos com argila de atividade baixa ou com caráter alítico (EMBRAPA, 2006).

Os Argissolos se caracterizam pelo aumento de argila do horizonte superficial para o sub-superficial, apresentando horizonte B textural logo abaixo de um horizonte A ou E. Esses solos são constituídos de argila com baixa ou alta atividade em grande parte do horizonte B (IBGE, 2007; EMBRAPA, 2006).

Os Gleissolos aparecem em áreas alagadas ou sujeita a alagamentos e podem apresentar em 50 cm de profundidade cores acinzentadas, azuladas e esverdeadas. Sua fertilidade natural varia de alta a baixa, sendo um solo de baixa drenagem o que limita suas condições de uso (IBGE, 2007).

4.2 ANÁLISE DE CAMPO

No programa Google Earth® foram selecionados 5 pontos que ocorriam a presença de manchas brancas no município de Cianorte. Essas manchas foram fotointerpretadas como Neossolos Quartzarênicos, sendo que após essa seleção foi realizada uma visita a campo para verificar a ocorrência desse tipo de solo nos pontos selecionados. Nessa visita os pontos foram numerados de 1 a 5 e em cada ponto foram tomadas as coordenadas por meio de um GPS GARMIN.

O ponto 1 está localizado na Longitude - O 52° 40' 43" e Latitude - S 23° 40' 34", o ponto 2 na Longitude - O 52° 40' 39" e Latitude - S 23° 40' 32", o ponto 3 na Longitude - O 52° 40' 38" e Latitude - S 23° 40' 32", o ponto 4 na Longitude - O 52° 39' 33" e Latitude S 23° 41' 39" e o ponto 5 na Longitude - O 52° 39' 18" e Latitude S 23° 41' 28". Nos pontos 4 e 5 foi realizado apenas a identificação visual dos solos, pois nesses pontos ocorria a presença de pastagens saudáveis o que poderia interferir na reflectância dos Neossolos Quartzarênicos. Nos pontos 1, 2 e 3 foram feitas 8 sondagens com trado holandês e coleta de 8 amostras de solos, sendo que as amostras coletadas passaram por um processo de descrição em campo.

A descrição dos solos em campo foi baseada nos conceitos técnicos do Manual Técnico de Pedologia desenvolvido pelo IBGE (2007) e pelo Manual de Descrição e Coleta de Solos em Campo elaborado por Santos et al. (2005). Esses manuais descrevem importantes características que devem ser analisadas no estudo dos solos em campo como a transição entre horizontes ou camadas, profundidade e espessura, cor, textura, estrutura, porosidade e consistência.

As cores das amostras coletadas foram identificadas através da tabela Munsell e a classificação realizada de acordo com o sistema de classificação dos solos da Embrapa (2006). Os pontos de verificação do trabalho podem ser notados na Figura 5.

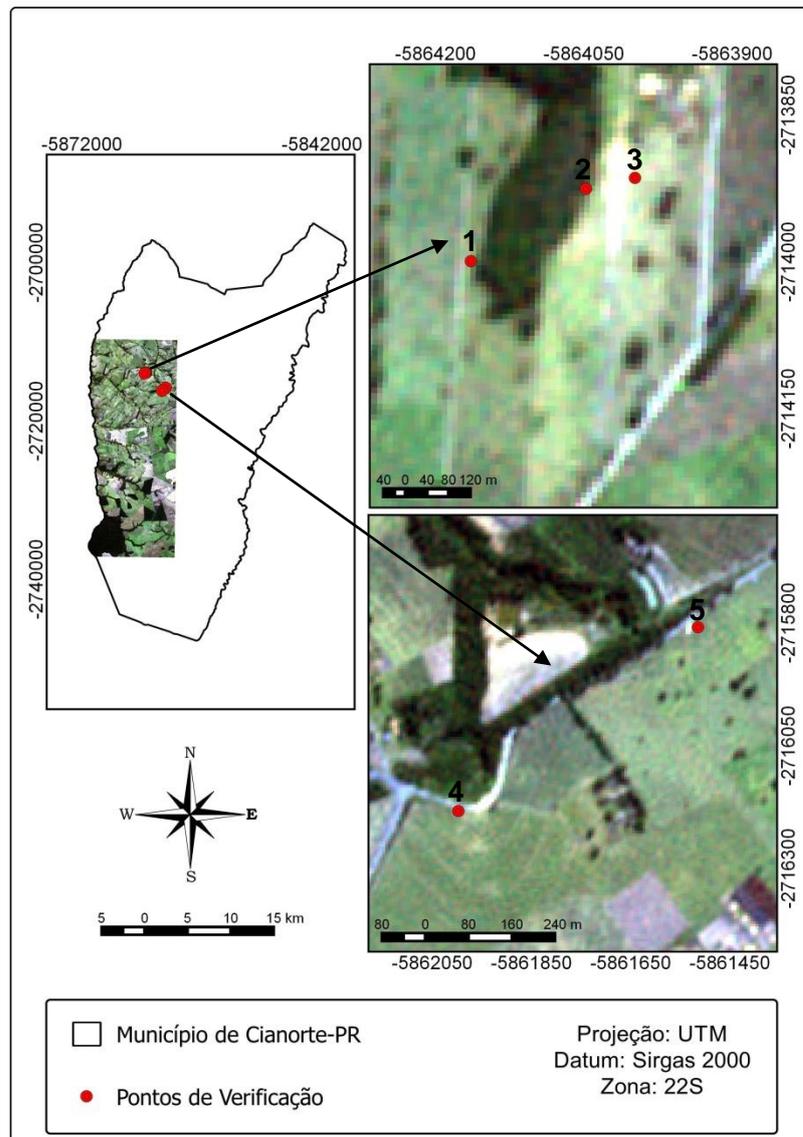


Figura 5: Pontos amostrais demarcados na imagem RapidEye®, cena 2228107, de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR
 Organização: Autoria Própria

4.3 ANÁLISE DE LABORATÓRIO

Nesse trabalho o local de elaboração dos mapas e do processamento digital da imagem foi o Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, utilizando ferramentas disponíveis nos *softwares* livres SPRING, versão 5.2.6, e QGIS, versão 2.2. Nesse laboratório foram criados mapas a partir do programa QGIS, utilizando dados de órgãos governamentais como IBGE, ITCG, MINEROPAR, EMBRAPA entre outros. Os mapas confeccionados foram:

- Mapa de localização de Cianorte.
- Mapa de pontos amostrais
- Mapa de solos de Cianorte
- Mapa geológico de Cianorte
- Mapa dos índices MSBI, SBIMSSS

No estudo foi utilizada uma imagem que abrange parte do município de Cianorte e também os pontos de verificação de ocorrência dos Neossolos Quartzarênicos. Nesse trabalho não foi realizado a formação de um mosaico de imagens, pois a resolução temporal de cada imagem era diferente o que poderia interferir nos resultados de reflectância. A cena utilizada possui o número 2228107, resolução espacial de 5 metros e foi captada pelos satélites do sistema RapidEye®, na data de 15 junho de 2011, sendo obtida junto ao Geo Catálogo do Ministério do Meio Ambiente (2013).

Essa imagem foi utilizada para calcular os índices *MSBI* (*Misra Soil Brightness Index*), *SBIMSS* (*Tasselled Cap - Soil Brightness Index MSS*) e *SBL* (*Soil Background Line*) disponíveis no site *IndexDataBase* (2013). O sensor selecionado foi o RapidEye® e as fórmulas de cada índice descritas no site são:

$$MSBI = 0.406 * Green + 0.600 * Red + 0.645 * Red\ Edge + 0.243 * Near\ Infrared$$

$$SBIMSS = 0.332 * Green + 0.603 * Red + 0.675 * Red\ Edge + 0.262 * Near\ Infrared$$

$$SBL = Near\ Infrared - 2.4 * Red$$

O cálculo desses índices foi realizado no programa QGIS de acordo com o tutorial, cálculo de NDVI, desenvolvido por Silva (2013). Depois de realizar essa operação, os índices foram importados para o programa SPRING e transformados em imagem, podendo assim, associá-los com as bandas da cena RapidEye®. Dessa forma, conseguiu-se associar os índices junto com o sistema RGB do SPRING para realizar composições coloridas que destaquem o solo exposto da cena, permitindo assim, a visualização dos dados para fazer o trabalho de fotointerpretação.

As composições coloridas foram realizadas para cada índice, sendo que nessas imagens retiraram-se amostras de pixels das áreas identificadas como Neossolos Quartzarênicos, telhados e bagaço de cana. As amostras de telhados foram retiradas de instalações de diversos tamanhos e materiais distintos e as amostras de bagaço de cana de açúcar foram retiradas da usina de açúcar e álcool de Tapejara - PR. Essas amostras foram escolhidas, pois apresentaram uma classificação semelhante a dos Neossolos Quartzarênicos. A partir dessas amostras obteve-se os valores de mínimo e máximo para cada um desses elementos, o que possibilitou utilizar um algoritmo para fatiar a matriz dos índices que teve como finalidade realçar as áreas com resposta para os Neossolos Quartzarênicos.

Em seguida a esse fatiamento foi realizado o teste estatístico de Análise Dos Componentes Principais, através do *software* livre *Palaeontological Statistics* - PAST. Essa análise multivariada foi elaborada com o intuito de verificar se a hipótese de que havia diferença entre as amostras de Neossolos Quartzarênicos e telhados era verdadeira. Para realizar esse teste foram utilizados os valores de média, máximo e mínimo das amostras obtidos através da estatística zonal, disponível no SIG QGIS. Esses dados foram primeiramente normalizados através do teste de Levini, no programa estatístico R, e depois transferidos para programa PAST onde foi realizada a análise multivariada para os índices MSBI e SBIMSS.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

As amostras de solos coletadas foram identificadas em seu primeiro nível categórico, sendo que no ponto 1 foi encontrado os Argissolos e nos pontos 2 e 3 os Neossolos Quartzarênicos. Na literatura podemos citar o trabalho de Scheer, Curcio e Roderjan (2011) que seguiu um método de descrição e identificação semelhante ao apresentado nesse trabalho. As descrições de cada tipo de solo e características do local onde foram encontrados estão descritas no Apêndice A.

Os Argissolos são solos que possuem material mineral e têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural, com argila de atividade baixa e saturação por bases baixa. Possuem profundidades variáveis com, cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente, brunadas ou acinzentadas, de drenagem forte ou imperfeita. Sua textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt (EMBRAPA, 2006).

Os Neossolos Quartzarênicos são solos geralmente originados de depósitos arenosos que apresentam em sua textura areia ou areia franca ao longo de pelo menos 2 m de profundidade. Esses solos possuem em sua composição grãos de quartzo e são praticamente destituídos de minerais primários pouco resistentes ao intemperismo. Essa classe de solos abrange as Areias Quartzosas não-hidromórficas descoloridas, que também apresentam coloração amarela ou vermelha. Sua granulometria na fração de areia é variável e teor máximo de argila chega a 15%, quando não ocorre a presença de silte (EMBRAPA, 2014).

A ocorrência desses tipos de solos já foi mencionada por Nakashima (1999) e Gasparetto (1999) na topossequência realizada no Sítio Três Leões, dentro do município de Cianorte. Nesse sistema os autores encontraram na alta vertente predominância de cobertura latossólica (Latosolos), na média vertente cobertura podzólica (Argissolos) e na baixa vertente as Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos). Isso demonstra que a classificação dos solos realizada nesse trabalho se assemelha ao que já foi encontrado anteriormente por esses autores. Na

Figura 6 pode-se notar como os Neossolos Quartzarênicos são encontrados no município de Cianorte.



Figura 6 - Registro fotográfico de como os Neossolos Quartzarênicos aparecem no meio ambiente

Fonte: Autoria Própria

5.2 ÍNDICES MULTIESPECTRAIS

Com os valores de máximo e mínimo determinados para cada índice foi possível realizar o primeiro fatiamento através do algoritmo. Esse fatiamento contou com 12 classes conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Classes do 1º fatiamento realizado para os índices MSBI, SBIMSS e SBL continua

Classes	MSBI (dn)*	SBIMSS (dn)	SBL (dn)
1	10000 - 10833,34	10000 - 10750	31400 - 32733,33
2	10833,34 - 11666,67	10750 - 11500	32733,33 - 34066,67
3	11666,67 - 12500	11500 - 12250	34066,67 - 35400
4	12500 - 13333,33	12250 - 13000	35400 - 36733,33
5	13333,33 - 14166,67	13000 - 13750	36733,33 - 38066,67
6	14166,67 - 15000	13750 - 14500	38066,67 - 39400

Tabela 1 - Classes do 1º fatiamento realizado para os índices MSBI, SBIMSS e SBL conclusão

Classes	MSBI (dn)*	SBIMSS (dn)	SBL (dn)
7	15000 - 15833,33	14500 - 15250	39400 - 40733,33
8	15833,33 - 16666,67	15250 - 16000	40733,33 - 42066,67
9	16666,67 - 17500	16000 - 16750	42066,67 - 43400
10	17500 - 18333,33	16750 - 17500	43400 - 44733,33
11	18333,33 - 19166,67	17500 - 18250	44733,33 - 46066,67
12	19166,67 - 20000	18250 - 19000	46066,67 - 47400

*Valor Digital do Pixel (*Digital Number - dn*)

Ao realizar o trabalho de fotointerpretação, com os valores do primeiro fatiamento, foi possível detectar classes de melhor resposta para os Neossolos Quartzarênicos. Essas classes foram encontradas para os índices MSBI e SBIMSS, sendo que para o índice SBL não se obteve resposta que destacasse qualquer elemento na imagem. Dessa forma, foi realizado o segundo fatiamento das amostras dos índices MSBI e SBIMSS (Tabela 2), enquanto que para o índice SBL não foi realizado os fatiamento seguintes, já que não foram encontrados resultados no primeiro fatiamento.

Tabela 2 - Classes do 2º fatiamento realizado para os índices MSBI e SBIMSS

Classes	MSBI (dn)	SBIMSS (dn)	SBL (dn)
1	12500 - 12916,67	11500-11812,5	x
2	12916,67 - 13333,33	11812,5-12125	x
3	13333,33 - 13750	12125-12437,5	x
4	13750 - 14166,67	12437,5-12750	x
5	14166,67 - 14583,33	12750-13062,5	x
6	14583,33 - 15000	13062,5-13375	x
7	15000 - 15416,67	13375-13687,5	x
8	15416,67 - 15833,33	13687,5-14000	x
9	15833,33 - 16250	14000-14312,5	x
10	16250 - 16666,67	14312,5-14625	x
11	16666,67 - 17083,33	14625-14937,5	x
12	17083,33 - 17500	14937,5-15250	x

Nesse segundo fatiamento também foram encontradas classes que melhor destacavam os Neossolos Quartzarênicos e com isso optou-se por realizar o terceiro fatiamento dos dados, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Classes do 3º fatiamento realizado para os índices MSBI e SBIMSS

Classes	MSBI (dn)	SBIMSS (dn)	SBL (dn)
1	14583,33 - 14826,38	12437,5 - 12593,75	x
2	14826,38 - 15069,44	12593,75 - 12750	x
3	15069,44 - 15312,49	12750 - 12906,25	x
4	15312,49 - 15555,55	12906,25 - 13062,5	x
5	15555,55 - 15798,61	13062,5 - 13218,75	x
6	15798,61 - 16041,66	13218,75 - 13375	x
7	16041,66 - 16284,72	13375 - 13531,25	x
8	16284,72 - 16527,77	13531,25 - 13687,5	x
9	16527,77 - 16770,83	13687,5 - 13843,75	x
10	16770,83 - 17013,88	13843,75 - 14000	x
11	17013,88 - 17256,94	14000 - 14156,25	x
12	17256,94 - 17500	14156,25 - 14312,5	x

No primeiro fatiamento, do índice MSBI, parte das amostras selecionadas como Neossolos Quartzarênicos foram realçados, no entanto outros componentes da imagem também tiveram suas características destacadas. Nesse primeiro fatiamento, foi possível verificar que os valores encontrados entre as classes de 4 a 9 destacavam menos outros elementos da imagem como o bagaço de cana de açúcar, telhados, vegetação, agricultura e outros tipos de solo. Na Figura 7 nota-se o resultado encontrado no intervalo entre as classes de 4 a 9 do índice MSBI sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye®.

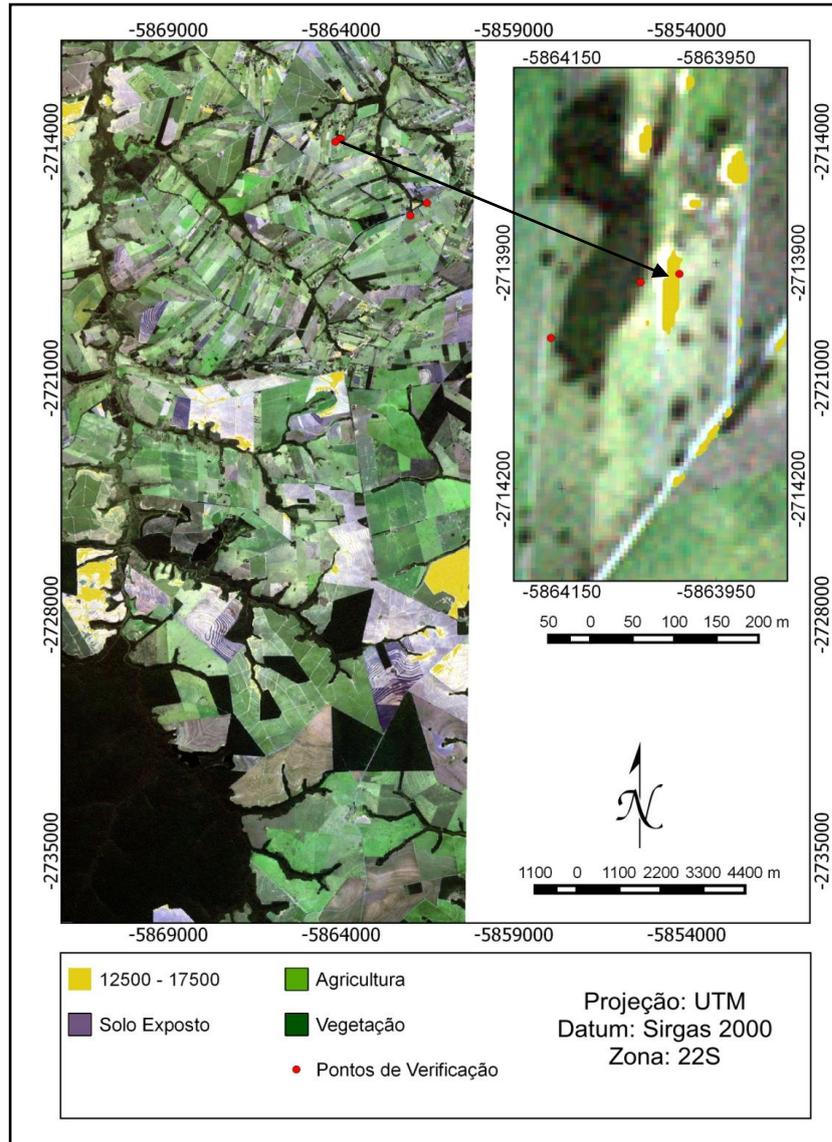


Figura 7 – Classes com a melhor resposta do índice MSBI para os Neossolos Quartzarênicos no primeiro fatiamento sobreposto a composição colorida na imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR
Organização: Autoria Própria

Com as classes de 4 a 9, do primeiro fatiamento, foi realizado o segundo fatiamento do índice MSBI, que também foi dividido em 12 classes obtendo resultados mais efetivos para os Neossolos Quartzarênicos entre as classes de 6 a 12 (valores de 14583,33 a 17500), como se pode notar na Figura 8.

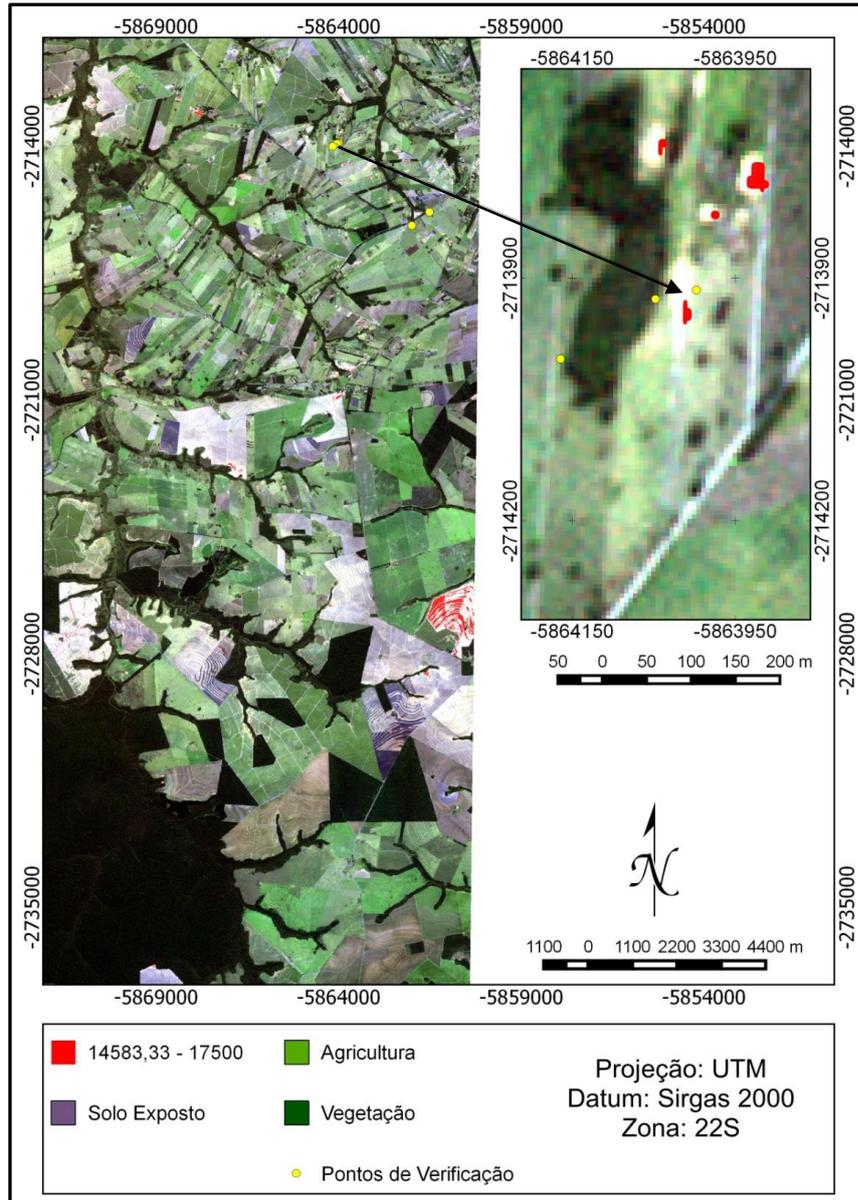


Figura 8 - Classes com a melhor resposta do índice MSBI para os Neossolos Quartzarênicos no segundo fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR
Organização: Autoria Própria

A partir das classes de 6 a 12 foi realizado o terceiro fatiamento para o índice MSBI. Nesse fatiamento o índice MSBI apresentou uma classificação menor nos pontos de verificação se comparados com o segundo fatiamento como pode ser notado na Figura 9.

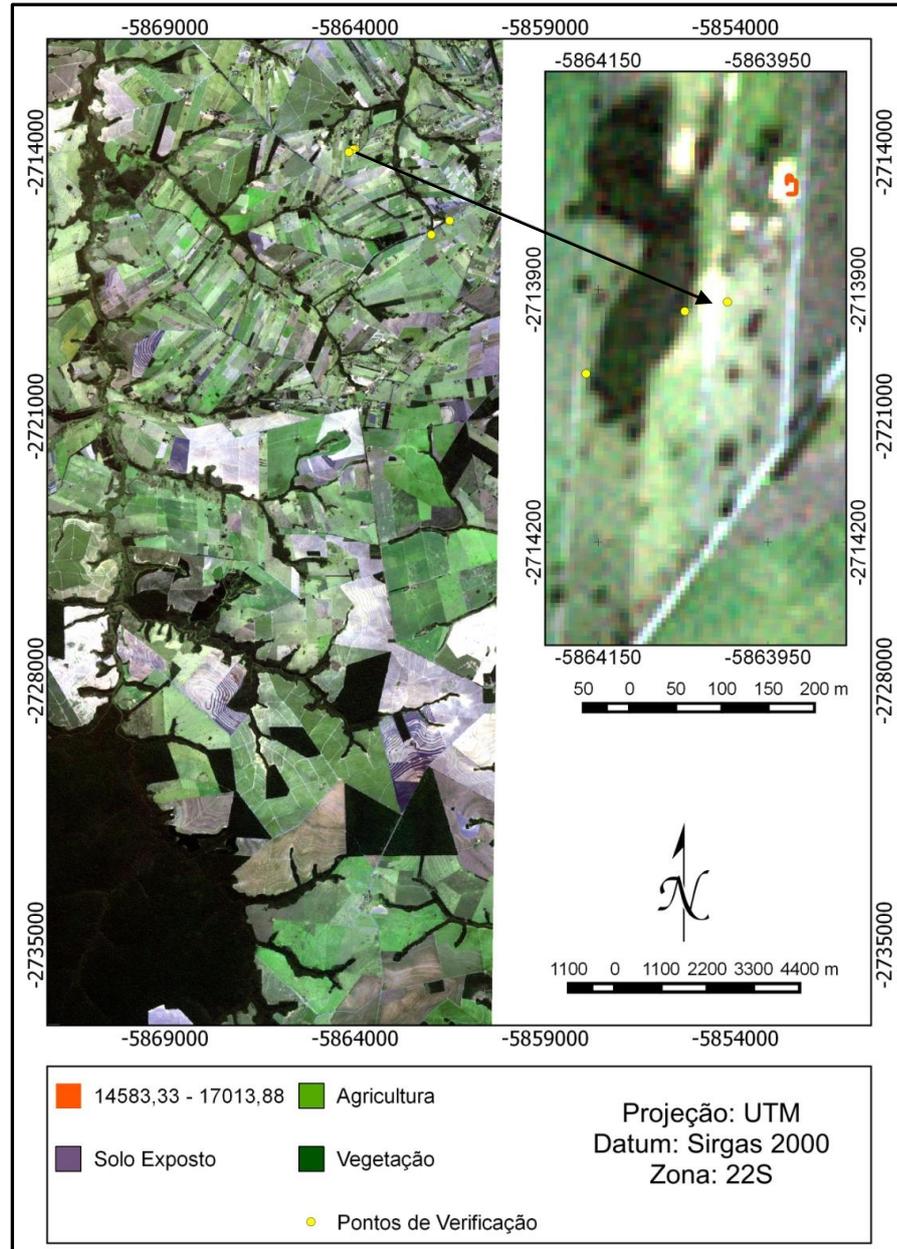


Figura 9 - Faixa com a melhor resposta do índice MSBI para os Neossolos Quartzarênicos no terceiro fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR
Organização: Autoria Própria

Os resultados encontrados para o índice MSBI podem estar diretamente associados as características dos solos encontrados na região Noroeste do Paraná e as faixas de comprimento de onda que o índice trabalha, pois segundo Jensen (2009) o percentual de reflectância em solos arenosos secos é diretamente proporcional ao aumento dos comprimentos de onda. Essa reflectância, geralmente, aumenta na faixa do visível e do infravermelho próximo e médio.

A área total classificada no segundo fatiamento do índice MSBI foi de 109,415 ha, sendo que para as classes de melhor resposta para os Neossolos Quartzarênicos, que ocorreu entre as classes de 6 a 12, a área destacada foi de aproximadamente 9.960 ha. Com essa área menor houve menos destaque para outros componentes da imagem como pode ser visto na Figura 8, já que, quando eram atribuídas as classes de 1 a 5 a quantidade de outros componentes classificados, além dos Neossolos Quartzarênicos, era superior. A área não classificada na imagem foi de 62.390,5850 ha o que gerou um total de 62.500 ha (Tabela 4).

Tabela 4 – Área total classificada pelo índice MSBI no segundo fatiamento

Classes	MSBI (dn)	Área classificada (ha)	Área não classificada (ha)	Área total da imagem (ha)
1	12500 - 12916,67	47,4225		
2	12916,67 - 13333,33	27,1725		
3	13333,33 - 13750	13,915		
4	13750 - 14166,67	6,4		
5	14166,67 - 14583,33	3,6475		
6	14583,33 - 15000	2,715		
7	15000 - 15416,67	1,935		
8	15416,67 - 15833,33	1,4825		
9	15833,33 - 16250	1,45		
10	16250 - 16666,67	1,28		
11	16666,67 - 17083,33	1,0975		
12	17083,33 - 17500	0,8975		
Total		109,415	62.390,5850	62.500

O fatiamento do índice SBIMSS seguiu o mesmo método adotado para o índice MSBI, sendo que para o índice SBIMSS ocorreu o realce da maioria das amostras de Neossolos Quartzarênicos e também de outros elementos da imagem como telhados, bagaço de cana e outros tipos de solo. As classes de maior

destaque para os Neossolos Quartzarênicos no primeiro fatiamento ocorreram entre as classes 3 a 7 (Figura 10).

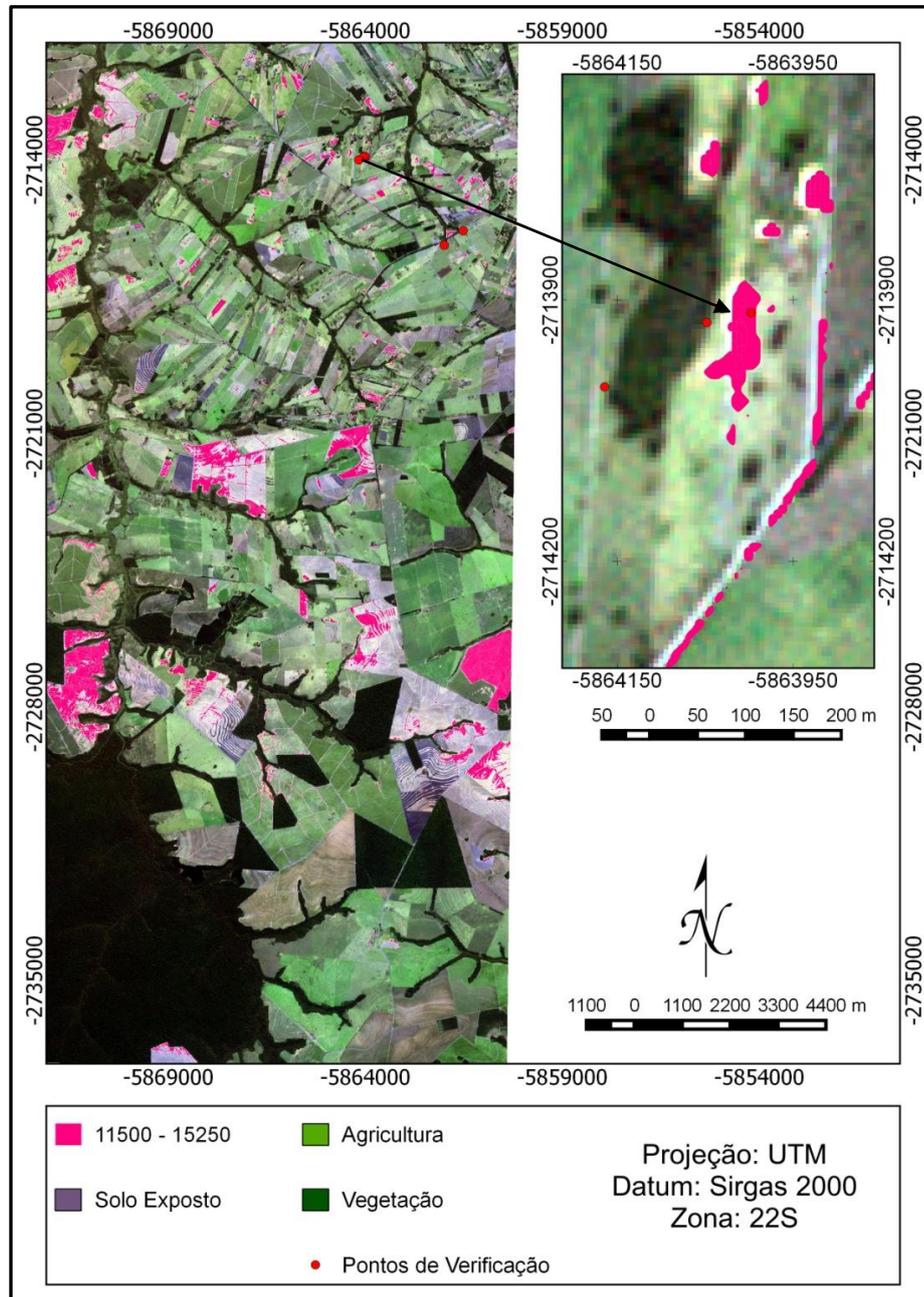


Figura 10 - Faixa com a melhor resposta do índice SBIMSS para os Neossolos Quartzarênicos no primeiro fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR
Organização: Autoria Própria

No segundo fatiamento o índice SBIMSS apresentou resultados próximos ao do índice MSBI o que pode ser notado nos valores apresentados na Tabela 2. Esse

resultado pode ter ocorrido, pois as fórmulas desses índices trabalham com as mesmas bandas espectrais com diferença apenas no fator de multiplicação de cada banda. No segundo fatiamento as classes que apresentaram a melhor resposta para os Neossolos Quartzarênicos foram classes de 4 a 9 (Figura 11).

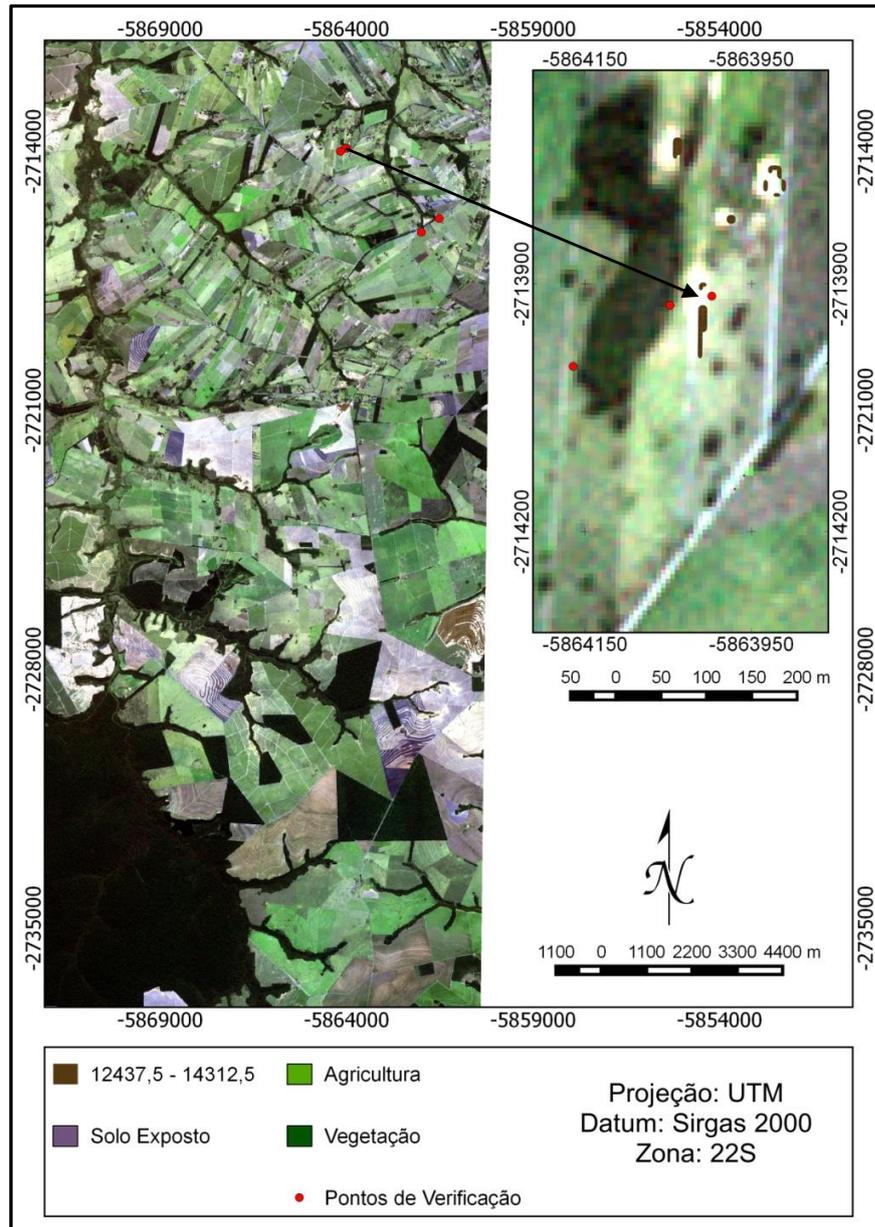


Figura 11 - Faixa com a melhor resposta do índice SBIMSS para os Neossolos Quartzarênicos no segundo fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR
Organização: Autoria Própria

Com essas classes, de 4 a 9, foi realizado o terceiro fatiamento que apresentou uma classificação menor nos pontos de verificação se comparado com o segundo fatiamento, conforme nota-se na Figura 11.

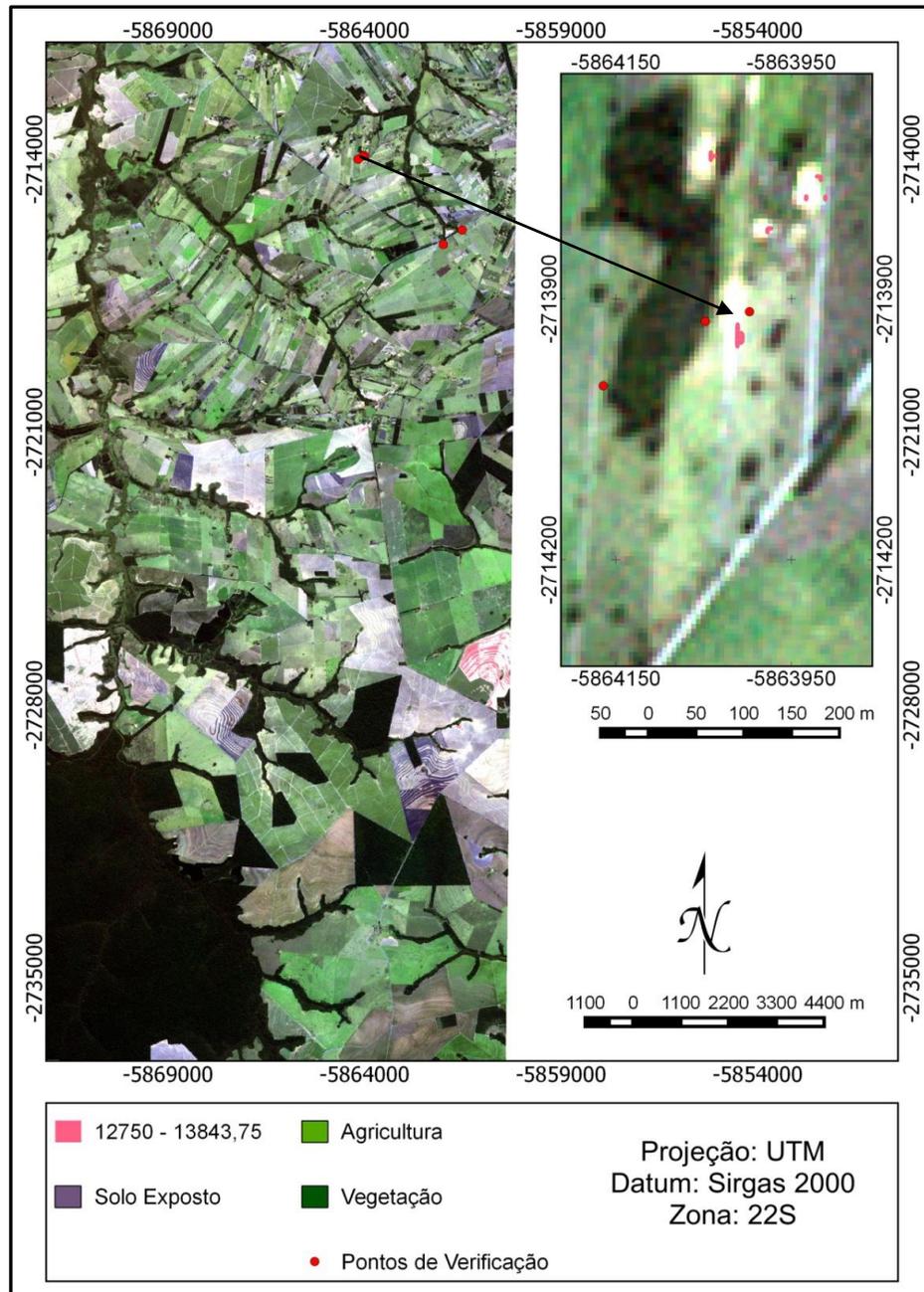


Figura 12 - Faixa com a melhor resposta do índice SBIMSS para os Neossolos Quartzarênicos no terceiro fatiamento sobreposto a composição colorida da imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, no município de Cianorte – PR
Organização: Autoria Própria

A área classificada no segundo fatiamento do índice SBIMSS foi de 221,385 ha, sendo que para as classes com maior destaque para os Neossolos Quartzarênicos, que ocorreu entre as classes de 4 a 9, a área destacada foi de 55,565 ha. A área não classificada do índice SBIMSS foi de 62.278, 615 ha gerando uma área total de 62.500 ha, conforme é mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Área total classificada pelo índice SBIMSS no segundo fatiamento

Classes	SBIMSS (dn)	Área classificada (ha)	Área não classificada (ha)	Área total da imagem (ha)
1	11500-11812,5	77.2075		
2	11812,5-12125	52.31		
3	12125-12437,5	34.9575		
4	12437,5-12750	22.4825		
5	12750-13062,5	13.9275		
6	13062,5-13375	7.825		
7	13375-13687,5	4.3525		
8	13687,5-14000	2.9475		
9	14000-14312,5	2.21		
10	14312,5-14625	1.82		
11	14625-14937,5	1.345		
12	14937,5-15250	0.0		
Total		221,385	62.278,615	62.500

O índice SBL não gerou os mesmos resultados apresentados pelos índices MSBI e SBIMSS, pois no primeiro fatiamento não houve o realce de nenhum elemento da imagem. Esse resultado pode ter ocorrido devido aos altos valores gerados por esse índice, pois ao se comparar com os valores dos índices MSBI e SBIMSS no primeiro fatiamento, conforme descrito na Tabela 1, nota-se uma diferença bem acentuada entre as classes.

Cabe ressaltar que não foi possível diferenciar nos fatiamentos realizados os Neossolos Quartzarênicos de alguns elementos da imagem como o bagaço de cana de açúcar e telhados (Figura 13), sendo necessário a realização de análises

estatísticas para tentar diferenciar esses elementos dos Neossolos Quartzarênicos na imagem.

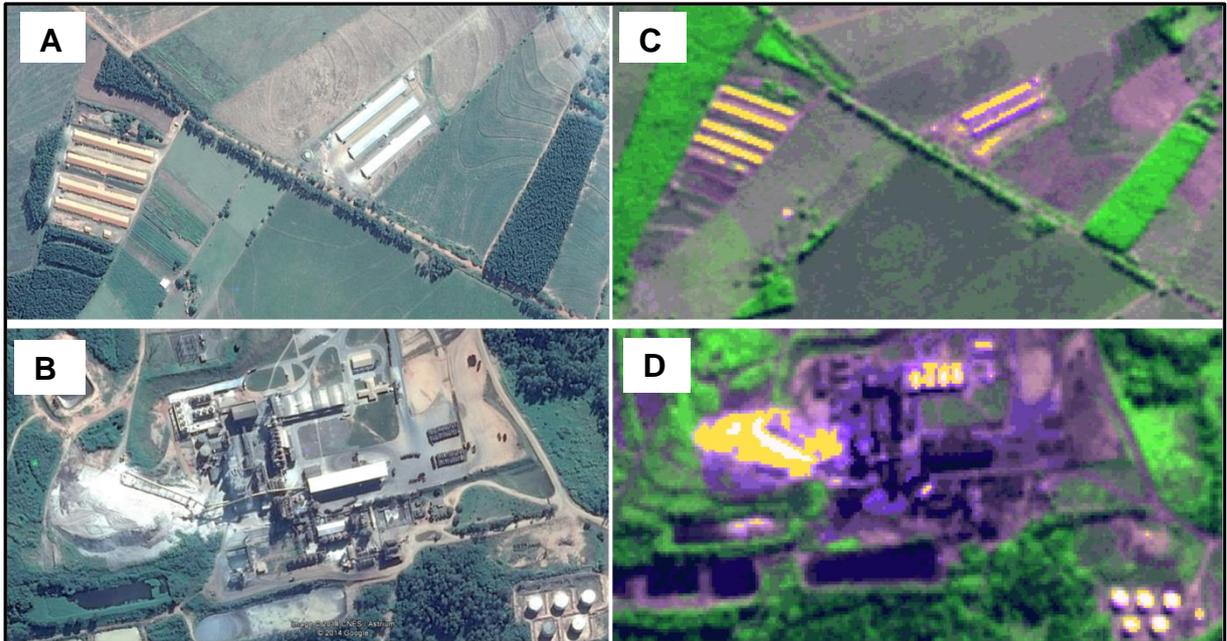


Figura 13 - A - Imagem do Google Earth® do município de Cianorte - PR mostrando telhados de onde foram retiradas amostras, B - Imagem do Google Earth® do município de Tapejara - PR mostrando uma usina de cana de açúcar de onde foram retiradas amostras, C e D - Áreas A e B com sobreposição do resultado do segundo fatiamento do índice MSBI na composição colorida realizada para a imagem RapidEye®

Fonte: A e B - Google Earth® (2014), C e D - Composição colorida realizada na imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, do município de Cianorte - PR, disponível no Geo Catálogo do Ministério do Meio Ambiente

5.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A Análise de Componentes Principais foi aplicada para o índice MSBI e SBIMSS, sendo que não foram utilizadas as amostras de bagaço de cana de açúcar para nenhum dos testes realizados, pois essas amostras estavam em quantidade inferior se comparadas com as amostras de Neossolos Quartzarênicos e telhados. O resultado para o índice MSBI gerou uma diferença de 78,32% entre as amostras de telhados e Neossolos Quartzarênicos respondendo a hipótese apresentada. Os

valores da variância, variância acumulada e *Broken Stick* encontrados para o índice MSBI estão descritos na Tabela 2.

Tabela 6 - Valores de variância encontrados, para o índice MSBI, através da Análise dos Componentes Principais

Variáveis	Varição esperada (%)	Axis 1 (%)	Axis 2 (%)	Axis 3 (%)
Variância		2,34	0,63	0,014
Variância Acumulada		78,32	21,19	0,48
<i>Broken Stick</i>	12 - 62			

Os resultados do índice MSBI foram mais significativos para os valores que estão na componente principal 1. Esse eixo é influenciado pelos valores de mínimo, que estão representados pelo agrupamento das amostras de telhados e Neossolos Quartzarênicos na porção esquerda do Gráfico 1. Isso indica que as amostras de telhados e Neossolos Quartzarênicos não podem ser separadas, pois pode haver faixas de reflectância semelhantes entre as duas amostras.

As amostras de Neossolos Quartzarênicos tiveram uma influência maior dos valores de mínimo, enquanto as amostras de telhado foram influenciadas pelos valores de máximo, mostrando uma tendência de dispersão maior que as amostras de Neossolos. No Gráfico 1 pode-se notar o resultado encontrado para índice MSBI.

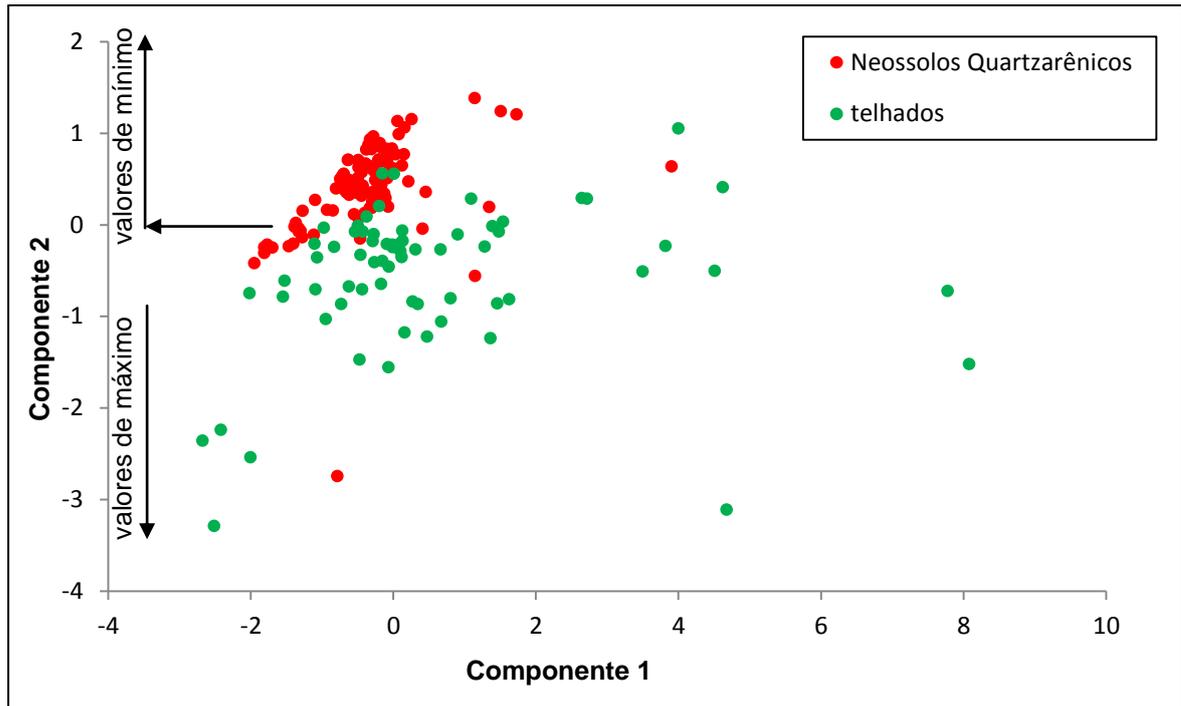


Gráfico 1 - Resultado do teste estatístico, Análise dos Componentes Principais, para o índice MSBI

Fonte: Autoria Própria

No Gráfico 1 podemos notar também que a maioria das amostras de Neossolos Quartzarênicos ficaram agrupadas enquanto as amostras de telhado ficaram mais dispersas. Esse resultado deve-se principalmente a composição dos Neossolos Quartzarênicos que são formados basicamente por areia, o que proporciona uma uniformização na reflectância dessas amostras, já os telhados são formados por materiais distintos o que resulta em percentual de reflectância diferente para cada tipo de material.

Essa dispersão das amostras de telhados também pode ter ocorrido por conta do envelhecimento do material, já que, com o passar dos anos ocorre um acúmulo na quantidade de limo em cima dos telhados e também pela quantidade de matéria orgânica, que proporcionam uma maior absorção da radiação eletromagnética diminuindo a reflectância dos materiais.

Na literatura existem trabalhos que foram realizados no intuito de medir a característica espectral de alvos urbanos como os telhados. Podemos citar os resultados do trabalho proposto por Sousa e Kux (2005) que identificou a assinatura espectral (reflectância), através de um Espectroradiômetro, de diversos materiais que formam os telhados no Bairro Jardim Paulista, no município de São José dos

Campos - São Paulo. No Gráfico 2 nota-se que os materiais que compõem os telhados apresentam grande variação no percentual de reflectância.

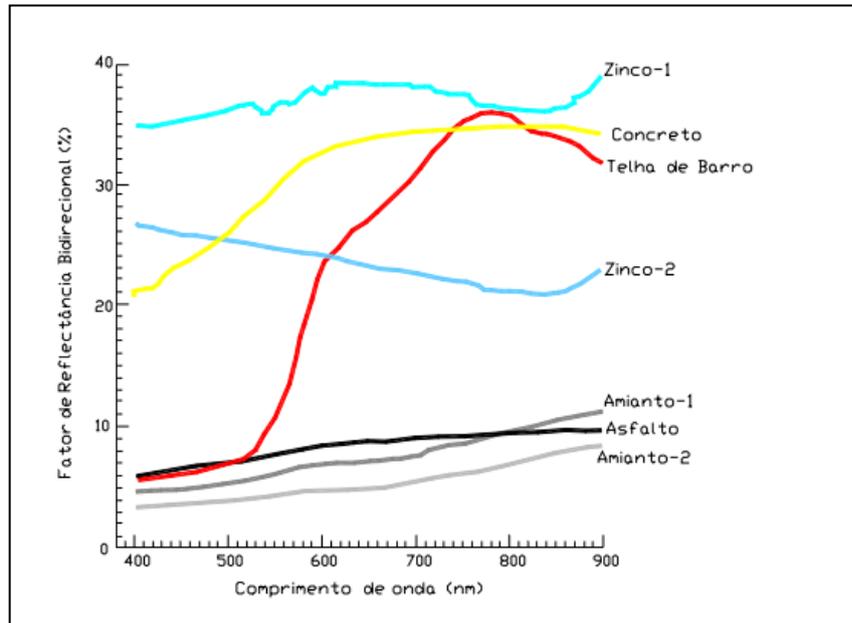


Gráfico 2 - Característica Espectral dos alvos abordados no estudo
Fonte: SOUSA E KUX, 2005

O resultado do teste para o índice SBIMSS foi praticamente igual ao do índice MSBI, pois os resultados mostraram uma porcentagem de diferença de 77,75% entre as amostras de Neossolos Quartzarênicos e telhados. Na Tabela 7 podem-se observar os valores de variância, variância acumulada e *Broken Stick* encontrados para o índice SBIMSS.

Tabela 7 - Valores de variância encontrados, para o índice SBIMSS, através da Análise dos Componentes Principais

Variáveis	Variância esperada (%)	Axis 1 (%)	Axis 2 (%)	Axis 3 (%)
Variância		2,33	0,65	0,014
Variância Acumulada		77,75	21,78	0,47
<i>Broken Stick</i>	12 - 60			

No Gráfico 3 as amostras de Neossolos Quartzarênicos também foram influenciadas pelos valores de mínimo e as de telhado pelos valores de máximo, assim como, ocorreu para o índice MSBI. No Gráfico 3 nota-se o resultado do teste estatístico para o índice SBIMSS.

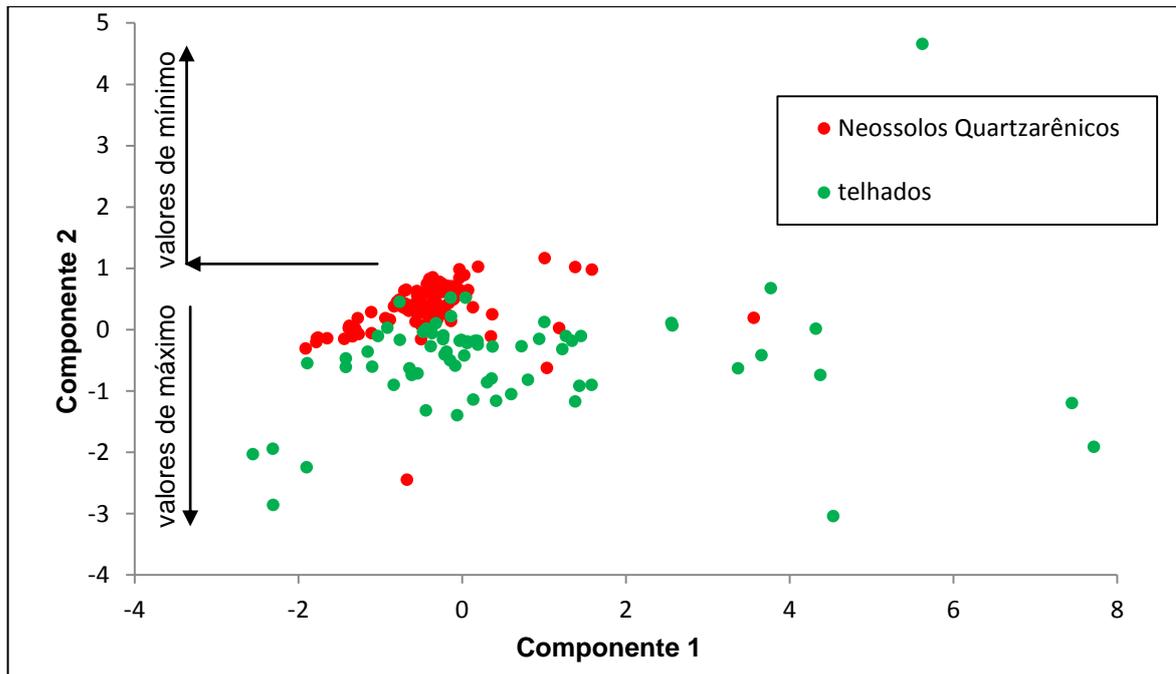


Gráfico 3 - Resultado do teste estatístico, Análise dos Componentes Principais, para o índice SBIMSS

Fonte: Autoria Própria

Esses resultados estatísticos associados com os resultados encontrados nos fatiamentos das amostras de Neossolos Quartzarênicos mostram que os índices MSBI e SBIMSS tiveram resultados semelhantes para a classificação dos Neossolos Quartzarênicos.

5.4 RECORTES DA CENA RAPIDEYE®

Os resultados dos índices MSBI e SBIMSS associados com imagens do Google Earth® e registros fotográficos de campo podem auxiliar na melhor compreensão e visualização dos resultados. Com a formação dos Neossolos Quartzarênicos nos fundos dos vales podem ocorrer processos como a erosão remontante, mencionado por Nakashima (1999). Na Figura 14 nota-se como esse processo erosivo ocorre no ambiente e os resultados encontrados para os índices MSBI e SBIMSS.

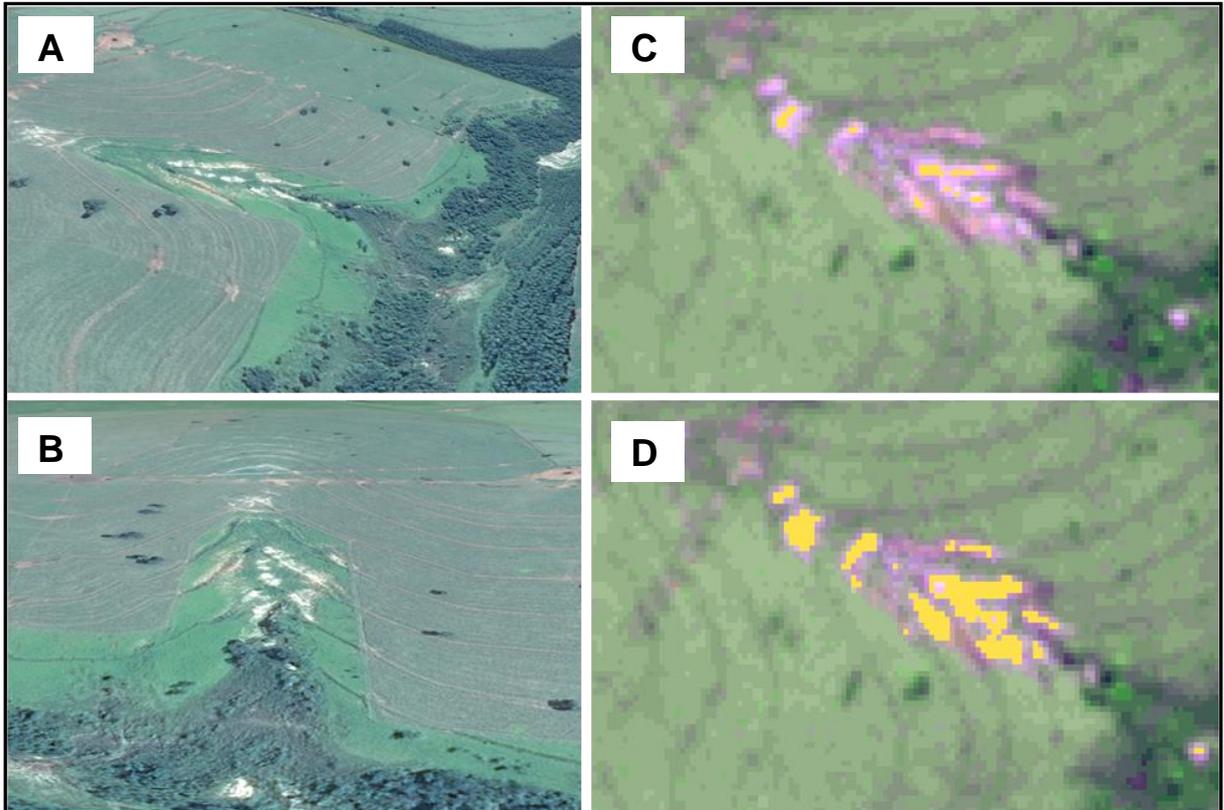


Figura 14 - A - Imagem de perfil do Google Earth® de um processo erosivo remnantante no noroeste do Paraná, B - Imagem frontal do Google Earth® de um processo erosivo remnantante no noroeste do Paraná, C - Resultado do segundo fatiamento do índice MSBI, D - Resultado do segundo fatiamento do índice SBIMSS

Fonte: A e B - Imagem do Google Earth® (2014), C e D - Composição colorida realizada na imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, do município de Cianorte - PR, disponível no Geo Catálogo do Ministério do Meio Ambiente

Nessa mesma cena os índices MSBI e SBIMSS também destacaram nos pontos de verificação os Neossolos Quartzarênicos que foram identificados em campo, como pode ser notado na Figura 15.

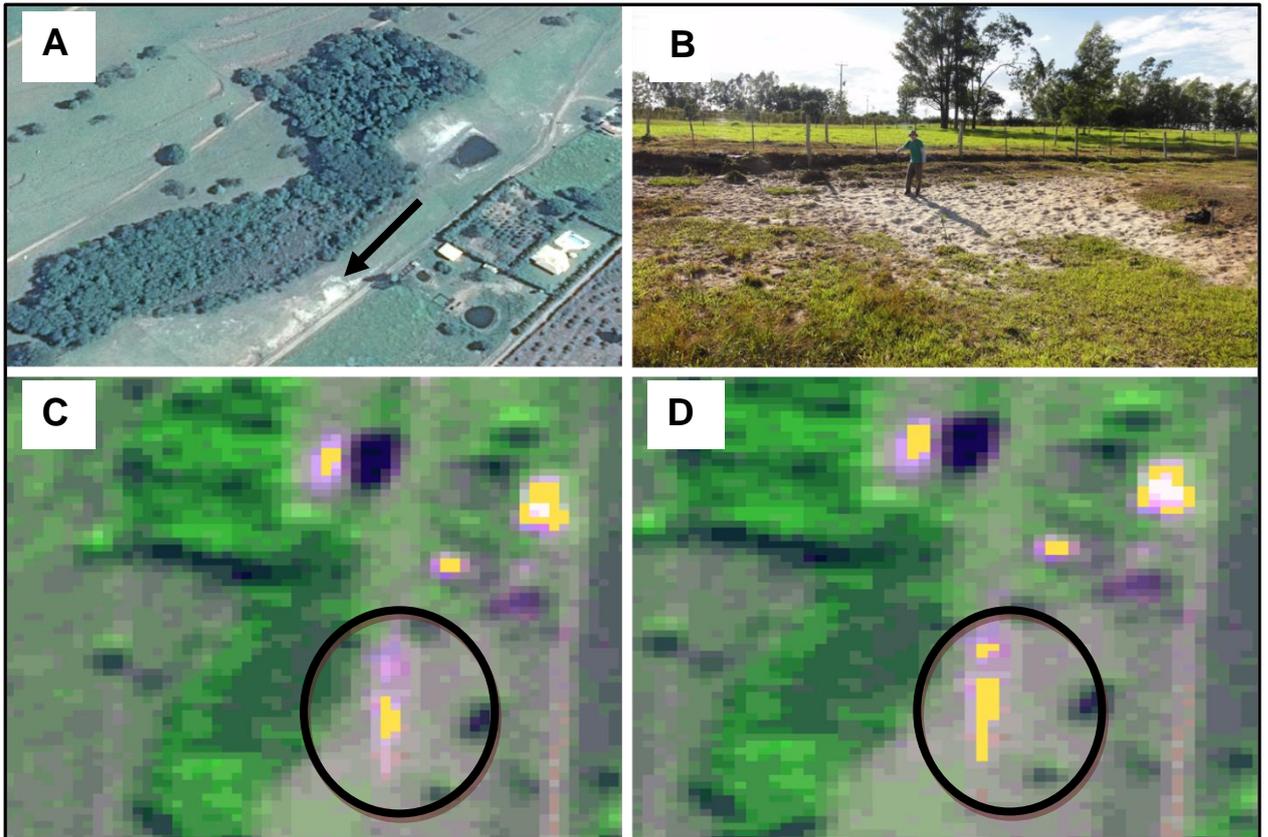


Figura 15 - A - Imagem do Google Earth® do município de Cianorte - PR indicando um ponto de ocorrência de Neossolos Quartzarênicos, B - Registro fotográfico do ponto de ocorrência do Neossolos Quartzarênicos, C e D - Indicação do ponto de verificação com sobreposição do resultado do segundo fatiamento dos índices MSBI (C) e SBIMSS (D) na composição colorida realizada para a imagem RapidEye®

Fonte: A - Imagem do Google Earth® (2014), C e D - Composição colorida realizada na imagem RapidEye® de 15 de junho de 2011, do município de Cianorte - PR, disponível no Geo Catálogo do Ministério do Meio Ambiente

6 CONCLUSÃO

Os índices MSBI e SBIMSS foram os que destacaram com mais eficiência os Neossolos Quartzarênicos, sendo que para o índice SBL não foram encontrados resultados nos três fatiamentos realizados. Para o índice MSBI os melhores resultados para os Neossolos Quartzarênicos ficaram entre o intervalo de 14583,33 a 17500, enquanto que para o índice SBIMSS os resultados mais satisfatórios foram encontrados no intervalo de 12437,5 a 14312,5.

Nessas faixas também ocorreram o destaque de outros elementos da imagem principalmente os telhados. Contudo, com os resultados da PCA foi possível verificar que ocorre uma influência dos valores de mínimo sobre as amostras de Neossolos Quartzarênicos o que deixou essas amostras mais agrupadas, enquanto as amostras de telhados ficaram mais dispersas, pois os telhados são constituídos de diferentes materiais o que gera uma reflectância distinta para cada material.

Dessa forma, nota-se que os resultados da associação de índices multiespectrais e imagens de alta resolução foram uma eficiente ferramenta na identificação dos Neossolos Quartzarênicos. Esses resultados podem auxiliar no planejamento ambiental dos municípios do noroeste do Paraná, pois podem classificar grandes áreas de forma automatizada o que contribuiria com ganho de tempo e recursos para essas localidades.

Cabe destacar que nesse trabalho os resultados apresentados foram em função dos índices MSBI e SBIMSS e não diretamente da reflectância dos telhados e Neossolos Quartzarênicos, mas como os índices trabalham a partir das bandas espectrais a quantidade de reflectância está diretamente ligada aos resultados obtidos.

Além disso, não foram encontrados trabalhos similares no Brasil que aplicaram os índices MSBI, SBIMSS e SBL associados com imagens de alta resolução para identificação de um tipo de solo, o que torna esse trabalho um ponto de partida para futuras pesquisas na área.

REFERÊNCIAS

AMS KEPLER. **RapidEye® Info.** Disponível em: <<http://www.amskepler.com/rapideye-info>> Acesso em 01 abr. 2014.

CASAGRANDE, Alessandro. **Erosão Urbana no Noroeste do Paraná: Riscos Socioambientais ao Desenvolvimento Urbano - Um Estudo de Caso do Município de Nova Esperança – PR.** 2012. 152 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2012.

CAVIGLIONE, João H; KIIHL, Laura R. B.; CARAMORI, Paulo H.; OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná.** Londrina: IAPAR, 2000. CD.

CUNHA, J.E. **Caracterização morfológica (macro e micro) e comportamento físico-hídrico de duas topossequências em Umuarama (PR): Subsídios para avaliação dos processos erosivos.** 1996. 129 f. (Dissertação de Mestrado - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Agência de Informação Embrapa. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html> Acesso em 07 jan. 2014

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. - Rio de Janeiro: EMBRAPA - SPI, 2006.

FELIX, Iara M.; KAZMIERCZAK, Marcos L.; ESPINDOLA, Giovana M. de. Rapideye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR - INPE, 14, 2009, Natal. **Anais....** Natal: Santiago & Cintra Consultoria – 2009 p. 7619-7622.

FERNANDES, Luis A. **A Cobertura Cretácea Suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): Os Grupos Bauru e Caiuá,** 1992. 188 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FLORENZANO, Tereza G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.

GASPARETTO, Nelson V. L. **As formações superficiais do Noroeste do Paraná, e sua relação com o Arenito Caiuá**. 1999.185 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

GARCÍA, Mauricio L.; BRONDO, Juan A. É.; PÉREZ, Manuel A. **Satélites para detecção remota aplicada à Gestão Territorial**, Projecto SATELMAC, Programa de Cooperação Transnacional Madeira - Açores - Canárias -2007-2013 (PCT-MAC): [s.n], 2012.

GUERRA, Antonio J. T.; SILVA, Antonio S. da; BOTELHO, Rosangela G. M.. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 339 p.

Imagens De Satélite. **Google Earth®**. 2014. Disponível em: <
<https://www.google.com/intl/pt-BR/policies/terms/> > Acesso em: 13 nov. 2014.

Index DataBase. **Show Indices for selected Sensor**. Disponível em: <
http://www.indexdatabase.de/db/is.php?sensor_id=10> Acesso em: 25 nov. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro. 2. ed. 2007, 316 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Pecuária Municipal** . 2012. . Disponível em:
<ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2012/tabelas_pdf/tab18.pdf> Acesso em: 13 set. 2014.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Caderno Estatístico: Município de Cianorte**. Disponível em: <
<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/Montapdf.php?Municipio=87200>> Acesso em: 07 abr. 2014.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Leituras regionais: mesorregiões geográficas paranaenses**. Curitiba, 2004.

INSTITUTO TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. **Divisão Político-Administrativa do Paraná**. 2013. . Disponível em: <
http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Produtos_DGEO/Divisas_Municipais/CALCULO_AREA_DOS_MUNICIPIOS_DO_PARANA_2013.pdf > Acesso em: 13 Nov. 2014.

JENSEN, John R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**. 2. ed. Tradução: José Carlo Neves Epiphany (Coord.) et al. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

KARLING, G. **Estudo da Morfologia e Estrutura da Cobertura Pedológica em Cabeceira de Drenagem na Área Rural de Cidade Gaúcha**. 2000. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2000.

LEONARDO, Hudson C. L. **Indicadores de qualidade de solo e água para avaliação do uso sustentável da Microbacia Hidrográfica do rio Passo Cue, região oeste do Estado do Paraná**, 2003. 121f. Dissertação apresentada à Escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Recursos Florestais, com opção em Conservação de Ecossistemas, Piracicaba, 2003.

MANOSSO, Daniele C. C. **A degradação das Propriedades Físicas dos Latossolos Vermelhos Distróficos em Decorrência dos Diferentes Usos Agrícolas em Florai – PR**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal de Uberlândia, Maringá, 2006.

MENESES, Paulo R.; ALMEIDA, Tati. (Org.) **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. UNB: Brasília, 2012. Disponível em: <
<http://www.cnpq.br/documents/10157/56b578c4-0fd5-4b9f-b82a-e9693e4f69d8>>. Acesso em: 08 fev. 2014.

MINEROPAR SERVIÇO GEOLÓGICO DO PARANÁ. **Potencialidades e Fragilidades das Rochas do Estado do Paraná**. Disponível em <
http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/Contribuicoes_ZEE/Mineropar_2006.pdf> Acesso em: 14 jan. 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Geo Catálogo**. Disponível em <
<http://www.geocatalogomma.com.br/index.jsp>> Acesso em: 01 dez. 2013.

MOURA, ANA. C. M.; SEPÚLVEDA, Cláudia L.; RESENDE, Maisa S.; RIBEIRO, Suellen R. Uso de imagens Rapideye® como apoio à tomada de decisões no

planejamento e gestão da paisagem do município de Bom Sucesso – MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR - INPE, 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais....** Foz do Iguaçu: UFMG – Laboratório de Geoprocessamento – 2013 p. 1-8.

NAKASHIMA, P. **Sistemas Pedológicos da Região Noroeste do Estado do Paraná – Distribuição e subsídios para o controle da erosão.** 1999. 237f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

NÓBREGA, M. T.; GASPARETTO, N.V.L.; NAKASHIMA, P. **Metodologia para cartografia geotécnica de Umuarama,** Paraná. Boletim de Geografia – UEM, v.10 n.1, Maringá-PR, 1992.

NÓBREGA, Maria T.; CUNHA, José E. da. A Paisagem, os Solos e a Suscetibilidade à erosão. **Revista Plural.**, Unioeste, v. 12, n. 25, p. 63-72, 2011.

OLIVEIRA, Rodrigo R. S. de; WATRIN, Orlando dos S.; VALENTE, Moacir A.; PIMENTEL, Gustavo M. Análise da vulnerabilidade natural dos solos à erosão como subsídio ao planejamento territorial em área da microbacia do igarapé Peripindeua, Nordeste Paraense In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR - INPE, 15, 2011, Curitiba. **Anais....** Curitiba: UFPA, EMBRAPA – 2011 p. 4783-4790.

ROSS, Jurandyr L. S. **Ecogeografia do Brasil:** subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 208 p.

REMPEL, Claudete. **Aplicação do Sensoriamento Remoto Para Determinação da Evolução da Mata Nativa da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta – RS entre 1985 e 1995.** 2000. 85 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande de Sul, Rio Grande do Sul, 2000.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia.**, n. 16, p. 81-90, 2005.

SANTOS, Leonardo J. C.; FIORI, Chisato O.; CANALI, Naldy E; FIORI, Alberto P.; SILVEIRA, Claudinei T. da; SILVA, Julio M. F. da; ROSS, Jurandyr L. S. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. 2006. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** Curitiba, v. 7, n. 2, p. 3-12.

SANTOS, Raphael David dos; LEMOS, Raimundo Costa de; SANTOS, Humberto Gonçalves dos; KER, João Carlos; ANJOS; Lúcia Helena Cunha dos. **Manual De Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Viçosa, 2005. 92 p.

SAUSEN, Tania M. **Sensoriamento Remoto e Suas Aplicações Para Recursos Naturais**. Disponível em <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 23 jan. 2014.

SECRETÁRIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SEMA. **Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Disponível em <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PLERH/Produto1_1_RevisaoFinal.pdf> Acesso em: 14 jan. 2014.

SILVA, Vanessa C. B. **Cálculo de NDVI no Quantum Gis**. Disponível em <<http://andersonmedeiros.com/qgis-fazer-ndvi/>> Acesso em: 05 dez. 2013.

SOUSA R. C. A.; KUX, H. J. H. Comportamento espectral de alvos urbanos: Simulação com as bandas espectrais do satélite CBERS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR - INPE, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE - 2005 p. 1099-1106.

SCHEER, Maurício Bergamini; CURCIO, Gustavo Ribas; RODERJAN, Carlos Vellozo. Funcionalidades Ambientais de Solos Altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. 2011. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1113-1126.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Descrição Pedológica Das Amostras Coletadas

Os pontos onde foram coletadas as amostras de solos podem ser notados na Figura 16.

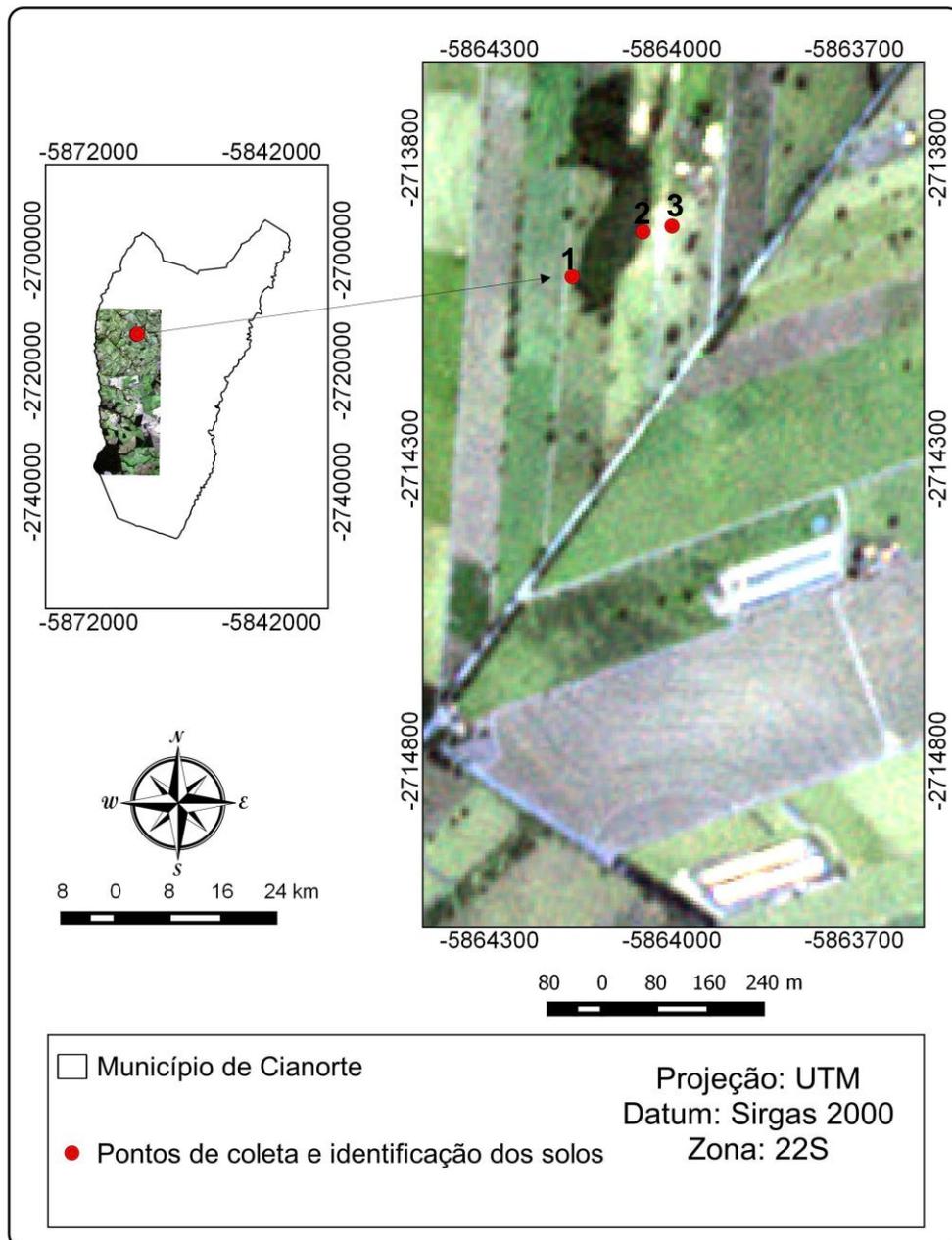


Figura 16 – Localização dos pontos de coleta e identificação dos solos em campo
Fonte: Autoria Própria

- **Ponto 1**

Tradagem

Classificação: ARGISSOLO;

Localização: Área agrícola dentro do município de Cianorte - PR;

Coordenadas: Longitude - O 52° 40' 43" e Latitude - S 23° 40' 34"

Situação: Apresenta declive suave e atividade agrícola

Relevo: Suave Ondulado;

Litologia e Unidade Litoestratigráfica: Formação Goioerê;

Material Originário: Arenito;

Relevo Local/Regional: Suave Ondulado;

Drenagem: bem drenado;

Erosão: difusa;

Pedregosidade: Não aparente;

Rochosidade: Não rochosa;

Característica dos Horizontes:

- E: 22 cm; seco 10YR 5/4, úmida 10YR 4/3, úmida amassada 10YR 4/3; areia, pequena e granular; não contém cerosidade; não possui slickenside; não plástica; não pegajosa; transição ondulada e gradual.
- A característica dos Horizontes seguintes foi idêntica às características apresentadas pelo Horizonte E

- **Ponto 2**

Tradagem

Classificação: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO;

Coordenadas: Longitude - O 52° 40' 39" e Latitude - S 23° 40' 32"

Localização: Encontrado em área de mata;

Situação do Declive: Fundo de Vale

Litologia e Unidade Litoestratigráfica: Formação Goioerê;

Material Originário: Arenito;

Uso Atual: Área de Preservação Permanente (APP)

Relevo: Suave Ondulado;

Drenagem: bem drenado;

Erosão: difusa;

Pedregosidade: Não aparente;

Rochosidade: Não rochosa;

Característica dos Horizontes:

- A/B: 22 cm; seco 10YR 5/1, úmida 10YR 4/1, úmida amassada 10YR 4/1; areia; não contém cerosidade; não possui slickenside; consistência muito friável quando seco e muito friável quando úmido; não plástica; não pegajosa; transição gradual.
- B: 44 cm; seco 10YR 6/1, úmida 10YR 4/2, úmida amassada 10YR 4/2; areia; estrutura baixa, pequena e granular; não contém cerosidade; não possui slickenside; consistência macia quando seco e muito friável quando úmido; não plástica; não pegajosa; transição ondulada e gradual.
- B: 68 cm; seco 10YR 8/1, úmida 10YR 6/2, úmida amassada 10YR 6/2; areia; estrutura baixa, pequena e granular; não contém cerosidade; não possui slickenside; consistência macia quando seco e muito friável quando úmido; não plástica; não pegajosa; transição ondulada e gradual.

Os outros horizontes apresentaram características idênticas ao horizonte B

- **Ponto 3**

Tradagem

Classificação: NEOSSOLO QUARTZARÊNICO;

Coordenadas: Longitude - O 52° 40' 38" e Latitude - S 23° 40' 32"

Localização: Encontrado em área de pastagem;

Situação do Declive: Fundo de Vale

Litologia e Unidade Litoestratigráfica: Formação Goioerê;

Material Originário: Arenito

Relevo: Suave Ondulado;

Drenagem: bem drenado;

Erosão: não aparente;

Pedregosidade: Não aparente;

Rochosidade: Não rochosa;

Característica dos Horizontes:

- A/B: 22 cm; seco 10YR 5/1, úmida 10YR 4/1, úmida amassada 10YR 4/1; areia; não contém cerosidade; não possui slickenside; consistência muito friável quando seco e muito friável quando úmido; não plástica; não pegajosa; transição gradual.
- B: 44 cm; seco 10YR 6/1, úmida 10YR 4/2, úmida amassada 10YR 4/2; areia; estrutura baixa, pequena e granular; não contém cerosidade; não possui slickenside; consistência macia quando seco e muito friável quando úmido; não plástica; não pegajosa; transição ondulada e gradual.
- B: 68 cm; seco 10YR 8/1, úmida 10YR 6/2, úmida amassada 10YR 6/2; areia; estrutura baixa, pequena e granular; não contém cerosidade; não possui slickenside; consistência macia quando seco e muito friável quando úmido; não plástica; não pegajosa; transição ondulada e gradual.

Os outros horizontes apresentaram características idênticas ao horizonte B