

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

ROBERTA DOS SANTOS RIBEIRO

**PERDA DE SOLO E QUALIDADE DE ÁGUA DA REPRESA DE
JURUMIRIM NO RIO PARANAPANEMA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2017

ROBERTA DOS SANTOS RIBEIRO

**PERDA DE SOLO E QUALIDADE DE ÁGUA DA REPRESA DE
JURUMIRIM NO RIO PARANAPANEMA**

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Dr. Ricardo Nagamine Costanzi

Co-orientadora: Dra. Ligia Flávia Antunes Batista

LONDRINA

2017



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

Perda de solo e qualidade de água da represa de Jurumirim no Rio Paranapanema

por

Roberta dos Santos Ribeiro

Monografia apresentada no dia 30 de junho de 2017 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
(UTFPR)

Profa. MsC. Adriana Zemiani
(UTFPR)

Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi
(UTFPR)
Orientador

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

Aos meus pais Marcos e Isabel, obrigada por me darem esta oportunidade e por confiarem em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu agradeço a Deus por tudo que faz em minha vida, por sempre estar ao meu lado, por guiar meus passos, por me ajudar principalmente nos momentos de dificuldade e por ter me dado a família que tenho.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Dr. Ricardo Nagamine Costanzi, por toda a orientação que me deu para a construção e conclusão deste trabalho, agradeço a paciência e o conhecimento que me passou.

À minha co-orientadora Dra. Ligia Flávia Antunes Batista por toda a paciência, a orientação e por tudo que me ensinou durante a elaboração deste trabalho.

Agradeço a minha família, por todo o apoio, agradeço por acreditarem em mim e por me confortarem sempre. Agradeço todos os ensinamentos que me passaram ao longo da vida. Ao meu noivo pelo apoio, paciência e pelo cuidado que tem comigo.

Aos meus professores, que durante o curso me passaram tanto conhecimento, agradeço o empenho e a dedicação de cada um para a minha formação.

Agradeço ainda meus amigos que tanto me ajudaram durante toda a graduação, agradeço todos os momentos que passamos juntos e pela amizade.

Enfim, sem cada um que passou na minha vida, isto não seria possível.

RESUMO

RIBEIRO, Roberta dos Santos. **Perda de solo e qualidade de água da represa de Jurumirim no Rio Paranapanema**. 2017. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

O problema de assoreamento nos reservatórios de usinas hidrelétricas é um evento de suma importância, já que inviabiliza a utilização do reservatório fazendo com que a usina seja desativada. Assim, é essencial que sejam realizados estudos para conhecer o entorno do reservatório, afim de se evitar áreas desprotegidas ou áreas susceptíveis a erosão. A utilização de Sistemas de Informação Geográfica surge para tornar mais eficiente, neste caso, a análise do entorno do reservatório, já que estas ferramentas permitem a aplicação de técnicas, que suprem a necessidade de se fazer a medição diretamente no local, já que existem áreas de difícil acesso. O presente trabalho apresenta o emprego da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), na geração de uma carta de risco de perda de solo onde a partir da mesma foi possível analisar a taxa anual de erosão que um solo pode sofrer por meio de variáveis como a erosividade, erodibilidade, o comprimento da rampa, o declive do talude, a cobertura do solo e as formas de práticas conservacionistas aplicadas, pode-se concluir a partir dos resultados encontrados que a aplicação do modelo EUPS se mostrou bem satisfatória para identificar as áreas vulneráveis para perda de solo. Neste estudo, ainda atentou-se a fazer uma análise da qualidade da água encontrada a montante, no reservatório e a jusante do mesmo, a partir de amostras feitas pelos profissionais da Duke Energy, e comparar estas análises com o que é proposto como padrão pela Resolução nº 357 do CONAMA, visando avaliar algum impacto qualitativo devido a atividades antrópicas e naturais. Por meio dessa comparação pode-se dizer que todos os pontos de amostra se mostram dentro do esperado para um rio de classe II de modo que a construção da barragem não afetou a qualidade da água de acordo com o que é proposto pela legislação. Foi possível ainda, fazer um estudo a cerca das medições de vazão que foram fornecidas, já que as medições eram correspondentes a 32 anos de medições diárias, aplicou-se uma metodologia característica para curvas de permanência e foi possível entender o comportamento das vazões do rio e dizer que este estudo é essencial para se projetar a geração de energia elétrica a partir de uma usina. Desta forma é possível dizer que é de extrema importância que sejam feitos estudos e monitoramentos tanto do entorno do reservatório como de suas águas, a fim de que se tenha um bom funcionamento da usina, de modo a não prejudicar o corpo de água e melhorar a cobertura do solo do entorno do reservatório.

Palavras chave: Curva de permanência. Análise da qualidade da água. EUPS. Erosão.

ABSTRACT

RIBEIRO, Roberta dos Santos. **Soil loss and water quality of the Jurumirim dam on the Paranapanema river.** 2017. 63 p. Course Conclusion Work (Bachelorship in Environmental Engineering). – Environmental Engineering Course – Federal Technological University of Parana, Londrina, 2017.

The problem of silting up reservoirs in hydroelectric plants is an extremely important event, since it makes the use of the reservoir unfeasible, causing the plant to be deactivated. Thus, it is essential that studies be carried out to know the surroundings of the reservoir, in order to avoid unprotected areas or areas susceptible to erosion. The use of Geographic Information Systems arises to make more efficient, in this case, the analysis of the reservoir environment, since these tools allow the application of techniques, which suppose the need to make the measurement directly in the place, since there are areas difficult to access. The present work presents the use of the Universal Soil Loss Equation (USLE), in the generation of a risk letter of soil loss where it was possible to analyze the annual erosion rate that a soil can suffer by means of variables such as erosivity, erodibility, ramp length, slope slope, soil cover and applied conservation practices, it can be concluded from the results that the application of the USLE model was shown to be satisfactory in order to identify the vulnerable areas for soil loss. In this study, we also attempted to make an analysis of the water quality found upstream in the reservoir and downstream from samples made by Duke Energy professionals, and compare these analyzes with what is proposed as standard by Resolution n° 357 of CONAMA, aiming to evaluate some qualitative impact due to anthropic and natural activities. By means of this comparison it can be said that all the sample points are shown within the expected for a class II river so that the construction of the dam did not affect the quality of the water according to what is proposed by the legislation. It was also possible to do a study about the flow measurements that were provided, since the measurements corresponded to 32 years of daily measurements, a characteristic methodology was applied for permanence curves and it was possible to understand the behavior of the river flows and say that this study is essential for designing the generation of electricity from a power plant. In this way it is possible to say that it is extremely important that studies and monitoring be made both of the surroundings of the reservoir and of its waters, in order to have a good operation of the plant, so as not to damage the body of water and improve the the soil surrounding the reservoir.

Key words: Curve of permanence. Water quality analysis. USLE. Erosion

LISTA DE SIGLAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE

EUPS – EQUAÇÃO UNIVERSAL DA PERDA DE SOLO

LEGAL – LINGUAGEM ESPACIALPAR GEOPROCESSAMENTO ALGÉBRICO

MDE – MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION

PNE – PLANO NACIONAL DE ENERGIA

SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

SINGREH - SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

UHE – USINA HIDRELÉTRICA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 USINA HIDRELÉTRICA COMO OBJETO DE ESTUDO	13
3.2 VAZÃO	14
3.3 CURVA DE PERMANÊNCIA	15
3.4 PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA E LEGISLAÇÃO PERTINENTE	17
3.5 CLASSIFICAÇÃO DO CORPO DE ÁGUA	20
3.6 EROSÃO HÍDRICA E A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO	21
3.7 AVALIAÇÃO DO RISCO DE PERDA DE SOLO	25
3.7.1 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	25
3.7.2 SENSORIAMENTO REMOTO	26
3.7.3 SATÉLITE LANDSAT 8	26
3.7.4 INFERÊNCIA GEOGRÁFICA	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 LOCAL DE ESTUDO	29
4.2 DESCRIÇÃO DA MICROBACIA	29
4.3 ANÁLISE DAS VAZÕES A PARTIR DA CURVA DE PERMANÊNCIA	31
4.4 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA	32
4.5 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO	32
4.5.1 FATOR DE EROSIVIDADE DA CHUVA E DA ENXURRADA (R)	33
4.5.2 FATOR DE ERODIBILIDADE DO SOLO (K)	34
4.5.3 FATOR DE COMPRIMENTO DE RAMPA (L) E FATOR DE GRADIENTE DA VERTENTE (S)	35
4.5.4 FATOR DE USO E MANEJO DO SOLO (C)	36
4.5.5 FATOR DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (P)	36
4.6 ELABORAÇÃO DA CARTA DE RISCO DE PERDA D SOLO DA ÁREA DE DRENAGEM DO RESERVATÓRIO	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 CURVA DE PERMANÊNCIA	39
5.2 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA	40
5.2.1 TURBIDEZ	41
5.2.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)	42
5.2.3 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD)	43
5.2.4 CLOROFILA	44
5.2.5 FÓSFORO	45
5.2.6 PH	46
5.2.7 COLIFORMES TERMOTOLERANTES	48
5.3 CARTA DE RISCO DE PERDA DE SOLO	49

6. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

A produção energética no Brasil em sua maioria depende das Usinas Hidrelétricas (BRONZATTI; IAROZINSKI, 2008) que são instaladas em corpos de água que possuem potencial hidráulico para gerar energia. Uma usina hidrelétrica funciona baseando-se na diferença de energia potencial que existe entre os níveis de água da montante e da jusante de um corpo hídrico, dessa forma, a partir da energia potencial transforma a energia mecânica em energia elétrica proveniente do giro do gerador (REBOUÇAS et. al., 2006).

Devido ao fato da maioria dos empreendimentos de geração hidrelétrica do país serem construídas em rios localizados em planalto e planícies, não possuindo assim grandes quedas d'água e sendo caracterizados por rios de grandes vazões e pequenas declividades, existe a necessidade da construção de uma barragem, para que se crie a queda d'água responsável pela geração de energia (REBOUÇAS et. al., 2006).

Segundo Tundisi e Tundisi (2008), a construção de barragens exemplifica a necessidade da determinação da qualidade da água bem como a avaliação dos impactos que podem ocorrer no futuro, de modo que o monitoramento necessite ser permanente, sendo assim, essencial para que se compreenda os processos que envolvem o uso da bacia para diversas necessidades, a sua conservação e a sua deterioração. Genz (2006), afirma ainda que a implantação de uma hidrelétrica acaba gerando sérias consequências para o rio e o seu entorno, visto que a construção de uma barragem acaba alterando o tempo de resposta da vazão do rio, além de mudar a quantidade de sedimentos e de matéria orgânica e inorgânica que são transportadas para a jusante, com o agravante ainda da retenção de sedimento nos reservatórios, alterando a profundidade do rio.

Sabendo das grandes alterações que este tipo de empreendimento gera ao rio, o CONAMA exige que toda a área seja monitorada e estudada para então conceder a licença de operação (BRASIL, 1987) e desde 2010, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) juntamente com a ANA (Agência Nacional das Águas) colocaram em execução uma resolução conjunta nº 3 onde estabelecem as condições e os procedimentos a serem observados pelos autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações

hidrométricas visando o monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos (ANEEL e ANA, 2010).

Com a construção da barragem, e conseqüentemente a transformação do rio de um sistema lótico para um sistema lêntico, fica evidente que grandes mudanças podem ocorrer neste rio, principalmente quando se trata da qualidade da água. Segundo Rebouças (2006), a água que fica nos reservatórios sofre alterações qualitativas como, por exemplo, o acúmulo de algas ou proliferação de macrófitas que irá afetar diretamente a qualidade da água em trechos a jusante.

Outro ponto importante que deve ser analisado antes e durante a operação de uma usina hidrelétrica é a cobertura do solo no entorno do reservatório. O solo descoberto pode facilitar a erosão e os sedimentos serem carreados para dentro do reservatório. Esse acúmulo de sedimentos pode diminuir a profundidade do reservatório e torná-lo ineficiente.

Essa mudança de sistemas afeta ainda de forma significativa a vazão do rio que será controlada pela hidrelétrica, o que resulta na mudança do carreamento de sedimentos, e nas formas de vida que existiam ali.

O intuito deste trabalho é o estudo da área do reservatório da UHE Jurumirim (Usina Hidrelétrica) por meio da aplicação da EUPS com o intuito de gerar uma carta de risco de perda de solo que indicará a perda potencial de solo do entorno da usina, já que este fator pode influenciar o bom funcionamento da mesma. Quanto a qualidade de água a montante e a jusante da barragem este estudo se concentrará em comparar as análises obtidas com o que está previsto na Resolução nº 357 do CONAMA para um rio classe II, e as vazões serão estudadas por meio de uma curva de permanência.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a área em torno do reservatório da UHE de Jurumirim, na Bacia do Alto do Paranapanema a partir de análises de sensoriamento remoto a fim de elaborar uma carta de risco de perda de solo e avaliar os parâmetros de qualidade de água do sistema hídrico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os dados de vazão cedidos pela UHE Jurumirim para elaboração de uma Curva de Permanência.
- Comparar dados de qualidade da água do reservatório com o padrão estabelecido pela Resolução do CONAMA nº 357.
- Elaborar o mapa temático de uso e ocupação do solo em torno do reservatório da UHE Jurumirim.
- Gerar uma carta de risco de perda de solo por meio da aplicação da EUPS para a área do entorno do reservatório da UHE Jurumirim a fim de verificar áreas que são suscetíveis à erosão.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 USINA HIDRELÉTRICA COMO UM OBJETO DE ESTUDO

No início do século XX a transmissão de energia elétrica percorrendo grandes distâncias se tornou algo viável tanto tecnicamente como economicamente, fazendo com que o desenvolvimento de usinas hidrelétricas crescesse no mundo, inclusive no Brasil (REBOUÇAS, 2006). Pode-se dizer que a maioria das usinas hidrelétricas brasileiras, são construídas em rios que possuem grande vazão e pequena declividade, fazendo-se necessária a construção da barragem para que haja um desnível, já que a base de funcionamento de uma usina hidrelétrica é o aproveitamento da diferença de energia potencial que existe entre os níveis de água da montante e da jusante (REBOUÇAS, 2006), assim, essa energia potencial é transformada em cinética e posteriormente em energia elétrica.

Mesmo com a grande quantidade de usinas hidrelétricas em funcionamento, o Brasil ainda é visto como um país com um grande potencial hídrico, e não por menos, possui a base da sua matriz energética na exploração por hidrelétricas (GOLDEMBERG; LUCON, 2007), sejam estas de grande ou pequeno porte. Segundo Miranda (2009), o país possui um grande potencial para construção de usinas hidrelétricas, porém, é importante que se leve em consideração que o maior potencial hidrelétrico do país está distante das regiões de maior consumo de energia, de modo que estas estão localizadas em áreas do Brasil onde as contenções de impactos ambientais são mais difíceis, aumentando assim as dificuldades para construção e instalação bem como o custo de implantação.

Optar pela construção de uma usina hidrelétrica pode estar relacionado a diversos fatos, dentre eles a geração de energia ser proveniente de uma fonte renovável de energia já que as águas são provenientes do ciclo hidrológico, o baixo custo de operação e manutenção se comparados com outras formas de usinas de geração de energia. Porém, é importante ressaltar que as mesmas só podem ser instaladas em rios que apresentem a combinação entre vazão e queda favorável em um prazo de 8 a 10 anos (REBOUÇAS, 2006).

Ao escolher este tipo de empreendimento é necessário atentar-se aos impactos que podem ocorrer na área no momento de implantação. Breda (2011) cita

que a implantação de um empreendimento com as dimensões de uma hidrelétrica acaba gerando grandes intervenções tanto na área em que é instalada como ao seu redor, é importante ressaltar que este tipo de construção é caracterizada pela implantação de barragens em rios, além de inundações de grandes áreas para criação de reservatórios. Desta forma fica claro o tamanho da interferência que se faz em um meio, de modo que haja uma infinidade de impactos no rio, nos ecossistemas, além de afetar a população do entorno.

Segundo dados da ANEEL (2003), o Brasil possui em funcionamento um total de 517 empreendimentos hidrelétricos, gerando 70.693 MW de energia lembrando que este valor está distribuído entre UHE (usina hidrelétrica – são 139 unidades responsáveis por 98,40% do total de potência gerada), PCH (pequena central hidrelétrica – são 230 unidades responsáveis por 1,48% do total de potência gerada) e CGH (central geradora hidrelétrica – são 148 unidades responsáveis por 0,12% do total de potência gerada).

Em 2008, a maioria das grandes centrais hidrelétricas se concentravam nas bacias do São Francisco e principalmente na bacia do Paraná. É importante ressaltar que os potenciais hidrelétricos das regiões Sul, Sudeste e Nordeste estão quase que totalmente explorados (ANEEL, 2008). Um estudo realizado para o Plano Nacional de Energia (PNE) para 2030 relacionou o potencial de aproveitamento que ainda resta em cada uma das bacias hidrográficas brasileiras, e como resposta a bacia do rio Amazonas possui um potencial de 106 mil MW, este é um potencial maior do que o instalado no país até o ano de 2008 que era de aproximadamente 102 mil MW (ANEEL, 2008).

3.2 VAZÃO

A vazão segundo Cassiolato (2016) pode ser entendida como sendo um volume de água que escoar através de uma seção ou tubulação durante uma unidade de tempo. E é expressa em metros cúbicos por segundo ou em litros por segundo.

Diversas são as formas para se medir a vazão de um corpo d'água, entre elas tem-se a medida feita diretamente, a medida a partir do nível de água (usa-se calha medidoras e vertedores), a medida a partir de processos químicos e as

medidas que são feitas a partir do conhecimento das áreas e das velocidades (PINTO, 1976).

Segundo Porto (2001), o conhecimento da vazão é importantíssimo no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, de modo que é a partir da vazão que se poderá fazer o balanço hídrico do corpo de água, e saber a disponibilidade e a demanda ao longo do tempo. Porto (2001) ainda cita como exemplo a necessidade em se conhecer as vazões médias do corpo de água para que se possam aplicar dimensionamentos de sistemas de abastecimento de águas e de usinas hidrelétricas. Já as vazões máximas são importantes para que exista uma base para dimensionamentos de sistemas de drenagem e também são usadas por órgãos de segurança de barragens.

Caso esse conhecimento sobre as vazões não exista, projetos de aproveitamento de recursos hídricos se tornam menos precisos, o que pode resultar em dados não confiáveis (PORTO, 2001).

Garcez (1988) resume as maiores dificuldades em relação às medições, a primeira dificuldade relatada está ligada ao fato das vazões variarem com muita rapidez em pequenos cursos de água, já a dificuldade encontrada para os grandes cursos de água deriva de circunstâncias ligadas à segurança dos operadores.

3.3 CURVA DE PERMANÊNCIA

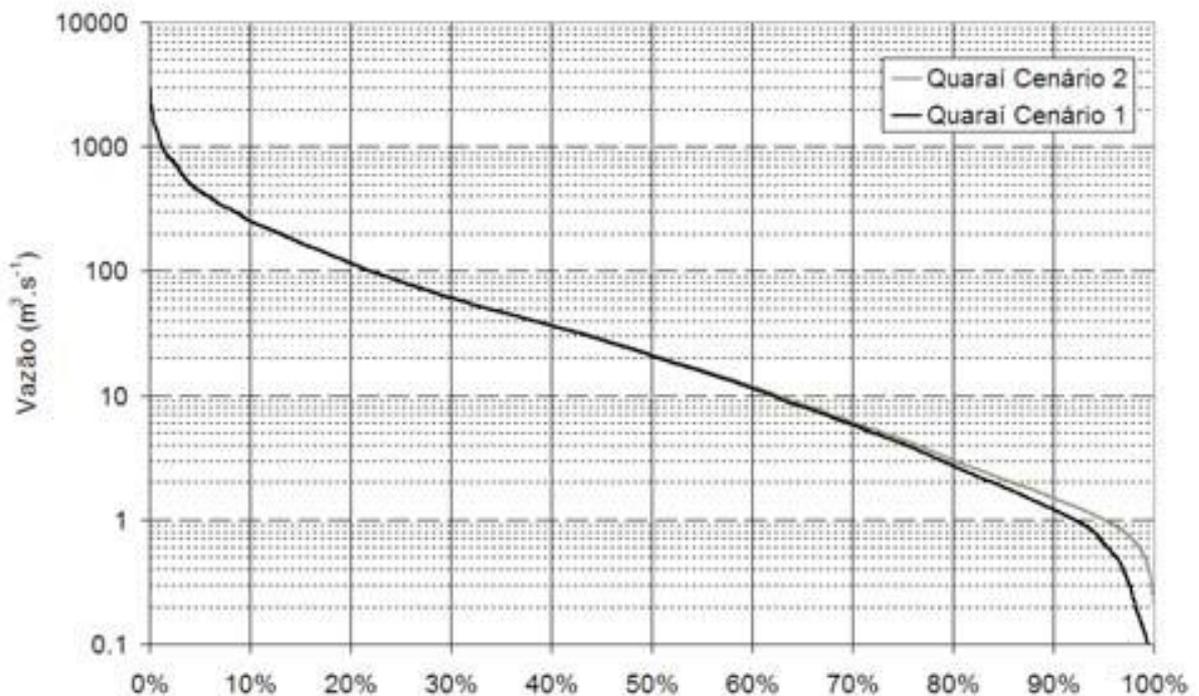
Pode-se dizer que a vazão, da mesma forma que todas as variáveis que são utilizadas para análise e caracterização de processos hidrológicos, possuem um comportamento casual, assim, para que ocorra uma avaliação adequada são exigidas séries históricas representativas e confiáveis, obtidas a partir de postos fluviométricos instalados em bacias hidrográficas (COSTA et al., 2012).

A curva de permanência é classificada por Tucci (2009) como um modelo gráfico de curva que é capaz de relacionar a vazão ou nível de um rio com a probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais ao valor usado como base. Ela pode ser estabelecida com base em valores diários, semanais ou mensais.

Obtêm-se a curva de permanência das vazões acumulando-se as frequências e lançando as mesmas em um gráfico, em correspondência aos limites inferiores dos respectivos intervalos de classe (PINTO et al., 1976).

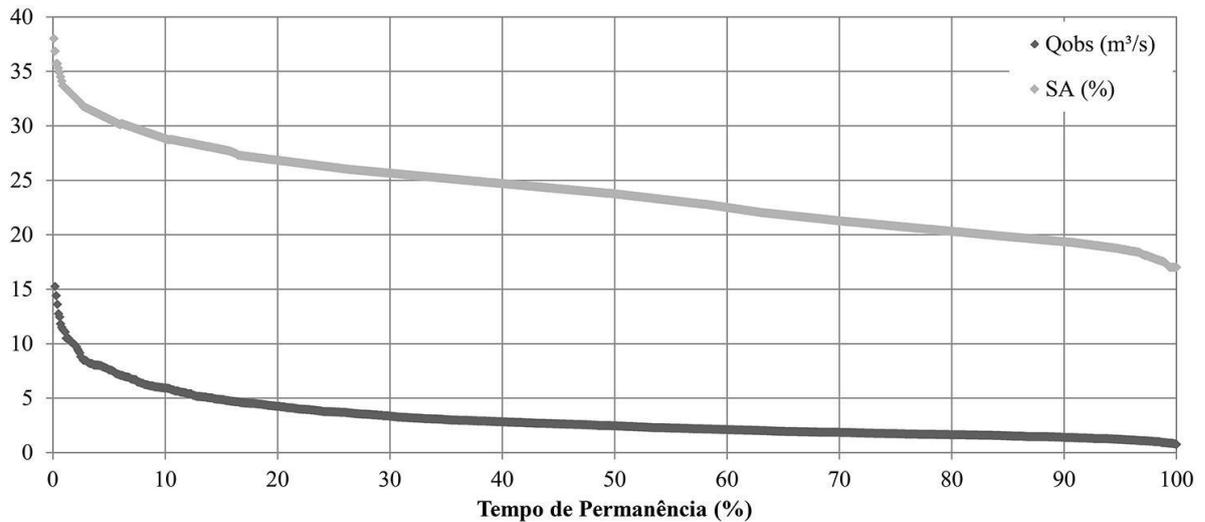
Segundo Pinto et al. (2005), a curva de permanência é capaz de indicar a frequência de tempo (a frequência é dada em porcentagem) que um dado de vazão específico foi igualado ou ultrapassado durante o período de estudo. O formato que a curva de permanência apresenta está muitas vezes relacionado com a declividade da área, mostrando assim, características do corpo de água. Dessa forma, curvas com formato alongado (Figura 1), apresentam fortes declividades e indica ainda que não há armazenamento significativo de água, Já curvas mais achatadas (Figura 2) podem indicar que existem grandes armazenamentos de água (BARBOSA JUNIOR, 2017).

Figura 1: Exemplo de curva de permanência obtida a partir de vazões diárias de uma série de 40.



Fonte: COLLISCHONN et al. (2011)

Figura 2: Exemplo de curva de permanência com formato mais achatado.



Fonte: os autores, 2013.

Fonte: SIEFERT e SANTOS (2015)

Segundo um estudo detalhado elaborado por Voguel e Fennessey (1994), o uso da curva de permanência durante a primeira metade deste século se tornou mais comum devido a uma necessidade evidenciada em diversos estudos, com o intuito de buscar mais informações sobre determinadas regiões dos Estados Unidos através das curvas.

Nos dias de hoje, o uso da curva de permanência se tornou mais frequente em estudos hidrológicos, Pinto et al. (2005) afirma ainda que a curva de permanência pode ser considerada um instrumento muito importante de comparação de características entre diferentes bacias hidrográficas podendo assim mostrar de forma mais clara os efeitos do relevo, da vegetação, do uso da terra e da precipitação em relação a distribuição das vazões.

3.4 PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA E LEGISLAÇÃO PERTINENTE

A ANA (2017) coloca como essencial o monitoramento e a avaliação da qualidade da água já que estes permitem a caracterização e a análise de características da bacia como planejamento, outorga e enquadramento dos cursos de água.

A Resolução nº 357 do CONAMA de 17 de março de 2005, estabelece em seu texto os valores padrões para cada parâmetro que deve ser analisado em um estudo bem como as condições que as águas devem apresentar.

Os valores apresentados na Resolução se dividem de acordo com a classificação do corpo de água e exibem condições e padrões que devem ser seguidos para que aquela classificação se mantenha.

Art. 14. As águas doces de classe 1 observarão as seguintes condições e padrões:

I – condições de qualidade de água:

- a) não verificação de efeito tóxico crônico a organismos, de acordo com os critérios estabelecidos pelo órgão ambiental competente, ou, na sua ausência, por instituições nacionais ou internacionais renomadas, comprovado pela realização de ensaio ecotoxicológico padronizado ou outro método cientificamente reconhecido.
- b) Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- c) Óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- d) Substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- e) Corantes provenientes de fontes antrópicas: virtualmente ausentes;
- f) Resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- g) Coliformes termotolerantes: para o uso de recreação de contato primário deverão ser obedecidos os padrões de qualidade de balneabilidade, previstos na Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
- h) DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂;
- i) OD, em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂;
- j) turbidez até 40 unidades nefelométrica de turbidez (UNT);
- l) cor verdadeira: nível de cor natural do corpo de água em mg Pt/L;
- e m) pH: 6,0 a 9,0.

Art 15. Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

I - não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;

II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA no 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A E. coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;

III - cor verdadeira: até 75 mg Pt/L;

IV - turbidez: até 100 UNT;

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂;

VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂;

VII - clorofila a: até 30 µg/L;

VIII - densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm³ /L; e, 10

IX - fósforo total: a) até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e, b) até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico.

A Resolução nº274 do CONAMA de 29 de novembro de 2000 define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras em seu artigo 2º apresenta em seu inciso 1º a divisão das águas segundo a quantidade de coliformes termotolerantes.

a) Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 Escherichia coli ou 25 enterococos por 100 mililitros;

b) Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 Escherichia coli ou 50 enterococos por 100 mililitros;

c) Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no

máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

3.5 CLASSIFICAÇÃO DO CORPO DE ÁGUA

Segundo a ANA (2015), o enquadramento de corpos d'água é necessário para estabelecer o nível de qualidade que o mesmo deve alcançar ou manter. Assim enquadrar os corpos d'água pode ser entendido como uma forma de planejamento de modo que este enquadramento se baseia em níveis de qualidade pré-estabelecidos e ainda dá suporte para outros instrumentos de gestão ambiental e de recursos hídricos.

Ainda segundo a ANA (2015), a definição das classes de enquadramento de um corpo d'água são a partir de um pacto elaborado pela sociedade, e esta formulação ocorre no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A Resolução do Conama nº 357, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Em seu Art. 4º as águas doces são classificadas em:

I – Classe Especial: águas destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) À preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) À preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II – Classe I: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) À proteção das comunidades aquáticas;
- c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) À irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) À proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III – Classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) À proteção das comunidades aquáticas;
- c) À recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) À irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) À aquicultura e à atividade de pesca.

IV – Classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) À irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) À pesca amadora;
- d) À recreação de contato secundário; e
- e) À dessedentação de animais.

V – Classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) À navegação; e
- b) À harmonia paisagística.

O enquadramento do corpo d'água nas classes citadas é feito de acordo com padrões estabelecidos no Capítulo III da Resolução CONAMA nº 357, de modo que são determinados os padrões de qualidade, estabelecendo limites individuais para cada substância encontrada no corpo d'água em cada classe. Dessa forma, cada classe tem os limites de tolerância para cada substância que pode ser encontrada em um corpo d'água.

3.6 EROSÃO HÍDRICA E A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO

O processo de erosão hídrica é relatado por Poletto (2014) como um processo que faz com que as partículas do solo, ao receberem a ação das gotas de chuva ou das enxurradas, se desagreguem, ou se quebrem e acabem sendo carregadas e se depositando em outros locais diferentes de suas origens.

É nítido o fato de que uma área que tem seu solo coberto ou protegido por vegetação passe a não sofrer ou sofrer de forma mais leve a ação da erosão em relação a um solo que perdeu a sua camada superficial, ficando claramente mais degradado e susceptível a sofrer com a erosão que ocorre como três processos sequenciados: a desagregação, o transporte e a deposição (FILIZOLA et al., 2012). No Brasil a principal degradação que ocorre nos solos está ligada a ações antrópicas relacionadas a preparo incorreto do solo em áreas susceptíveis a sofrer erosão para práticas agrícolas aumentando as áreas de desmatamento, e como resultado dos processos erosivos dessas áreas observamos o aumento do assoreamento de rios, lagos, açudes e reservatórios (FILIZOLA et al., 2012).

Métodos preventivos são sempre as melhores opções para se evitar um processo erosivo, e neste sentido uma técnica que pode ser usada para este fim é a EUPS que estima as perdas de solo de uma área levando em consideração fatores como o clima, o solo, o relevo, a vegetação além de práticas conservacionistas que podem estar sendo efetuadas na área estudada ou próximo a ela (BARBOSA et al., 2015). Desenvolvida nos Estados Unidos na década de 1950, esta técnica analisa os fatores que podem vir a favorecer ou serem condicionantes de erosão para estimar então quanto seria a perda de solo através do escoamento em superfície, levando em consideração o processo de erosão laminar (PINTO, 2005). É importante ressaltar que a aplicação desta técnica tem sido cada vez mais facilitada com o uso de SIGs (Sistemas de Informações Geográficas), de modo que estes sistemas permitem a sobreposição de dados, e o resultado é obtido a partir de formulação de modelos matemáticos ou estatísticos.

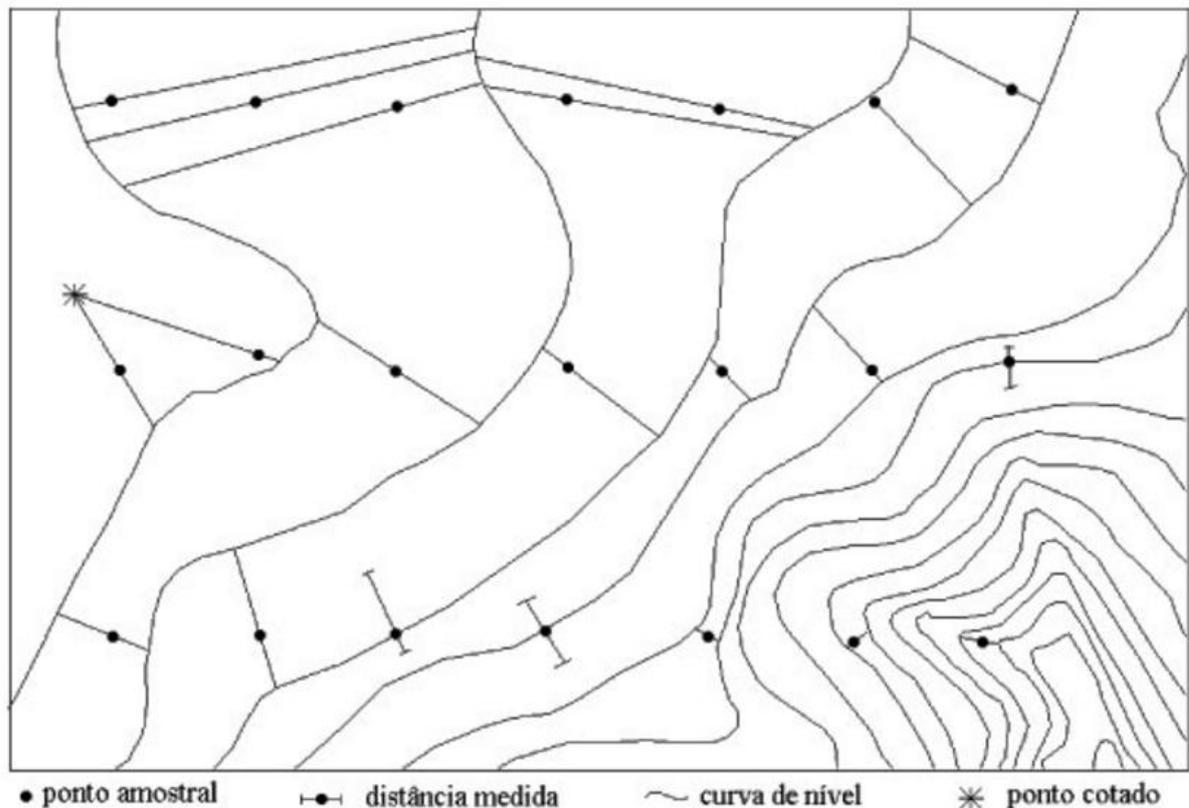
Os fatores que compõe a EUPS podem ser entendidos separadamente, de forma que cada um analisa uma característica do solo que pode torná-lo susceptível a erosão. O fator R pode ser classificado segundo Tomaz (2008) o fator de erosividade da chuva (R) pode ser entendido como um valor que tem por objetivo representar o potencial de chuva e enxurrada necessários para provocar algum tipo de erosão em um solo sem proteção.

A importância de se estimar o fator de erodibilidade do solo (K) se deve ao fato de que cada solo tem uma susceptibilidade diferente à erosão. Pode-se dizer ainda que ele está diretamente relacionado com a quantidade de material que é removido do solo por unidade de área, ou seja, representa a suscetibilidade do solo à erosão. Segundo Poletto (2014) este fator leva em consideração fatores como:

velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade de armazenamento, resistência às forças de dispersão, abrasão e transporte pelas águas da chuva e escoamento superficial (a partir de dados de textura do solo, teor de matéria orgânica e a estrutura).

O fator de comprimento de rampa (L) e o fator de gradiente da vertente (S) são considerados fatores topográficos e tratados em conjunto. O gradiente da vertente ou também conhecido como declividade, pode ser entendido como o ângulo de inclinação de uma superfície em relação ao plano horizontal, modelo esse que facilita o escoamento superficial. As formas de análise dessa variável podem ocorrer de forma manual (Figura 3) que pode ser mais cansativa ou automática por meio de geração de PI declividade, estes permite uma série de opções de cálculos de declividade, porém deve se estar atento à origem da informação (FLORENZANO, 2008).

Figura 3: Imagem de medição manual da declividade sobre mapas com curva de nível.

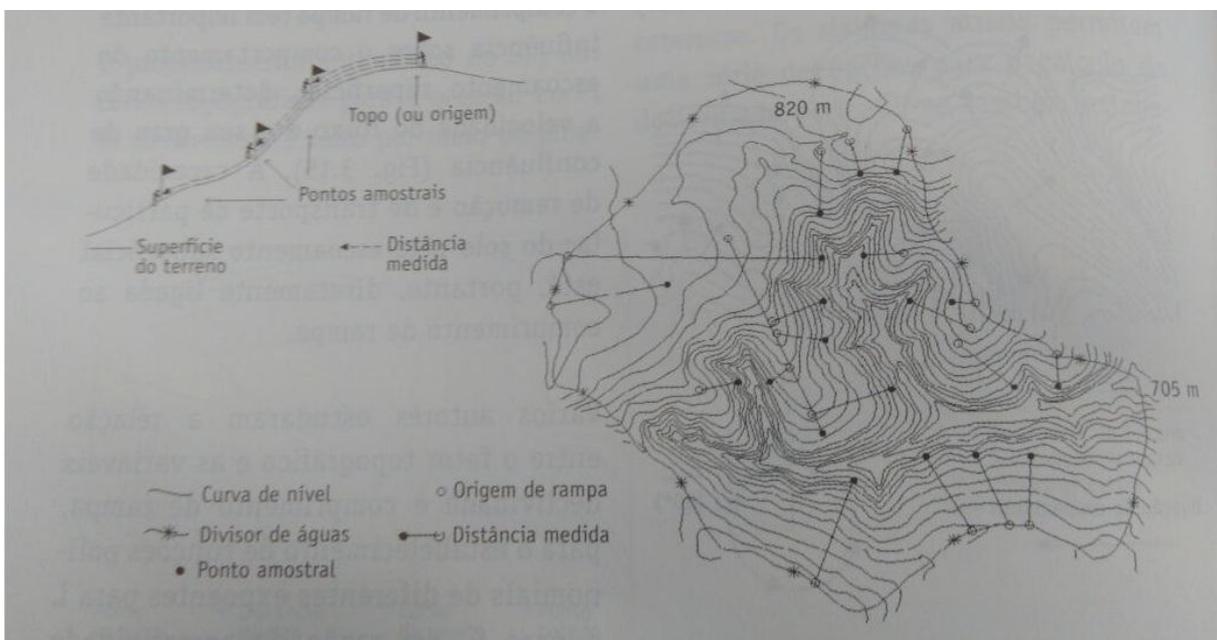


Fonte: FLORENZANO (2008)

O fator de comprimento de rampa (L) segundo Florenzano (2008) será determinante no processo de escoamento superficial de modo que ele será

responsável por determinar a velocidade do fluxo e o grau de confluência, desta forma, pode se dizer que o arraste de partículas está intimamente ligado a este fator. A medida de comprimento de rampa pode ser muito difícil quando se mapeia as microbacias (Figura 4), mas outros modelos de medição podem ser aplicados, como por exemplo, quando se deseja modelar a perda de solo em torno de bacias, usa-se um único valor para toda a área e este é baseado na densidade de drenagem. Também é possível utilizar técnicas digitais para o mapeamento como o que é proposto por Desmet e Govers a partir de MDE (Modelo Digital de Elevação).

Figura 4: Medidas de comprimento de rampa em carta topográfica.



Fonte: FLORENZANO (2008)

Segundo Domingos (2006), o fator de uso e manejo do solo (C) é responsável por apresentar a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado (com cobertura) e as perdas de solo de um terreno descoberto (solo exposto). Este fator indica como um plano de conservação do solo pode diminuir as perdas de solo do local, e ainda colabora para que se entenda o potencial de perda de solo de áreas agrícolas (POLETO, 2014).

O fator de práticas conservacionistas (P) está estritamente relacionado à prática conservacionista que está sendo adotada no local e a declividade que o terreno possui. Segundo Souza et al. (2010) as práticas conservacionistas tem como objetivo principal minimizar os efeitos decorrentes do manejo inadequado do solo, essas práticas podem ser o uso de terraceamento, canais para escoamento,

plântio em níveis, fazer o controle de voçorocas, fazer a rotação de culturas dentre outras que executadas corretamente irão diminuir os danos ambientais ao solo e por consequência, diminuir os custos para o próprio produtor.

3.7 AVALIAÇÃO DO RISCO DE PERDA DE SOLO

3.7.1 Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas

O geoprocessamento pode ser considerado como uma forma de tecnologia, ou até mesmo um conjunto de tecnologias, que fornecem a possibilidade de manipulação, análise e simulação de modelagens além ainda de oferecer visualização de dados georreferenciados (FITZ, 2008).

Neste contexto, pode-se dizer que o geoprocessamento tem uma grande importância em estudos envolvendo grandes áreas, ou lugares de difícil acesso, sendo esta uma disciplina que envolve tanto técnicas matemáticas como computacionais para análise de dados geográficos. Segundo Câmara (2001), o geoprocessamento vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento.

O SIG pode ser classificado como uma ferramenta do Geoprocessamento para análise de dados. Fitz (2008) o define como um tipo de sistema composto por programas computacionais que tem como objetivo principal juntar os dados, os equipamentos e as pessoas a fim de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados de coordenadas conhecidas e que estão espacialmente referenciados.

A utilização do geoprocessamento em análises ambientais tem se tornado, cada vez mais frequente de modo que esta ferramenta passou a ser essencial para se avaliar de forma satisfatória características da área em estudo, sem que se precise visitá-la. Alguns exemplos de aplicação do geoprocessamento, segundo Câmara (2015), em estudos ambientais são: Mapeamentos temáticos diversos (nas áreas de recursos naturais, formação geológica, relevo, uso e cobertura do solo, proteção e conservação de áreas ambientais, monitoramento ambiental), Hidrologia (mapeamento de áreas alagadas), diagnóstico ambiental, avaliação de impacto

ambiental, entre outras aplicações que se pode fazer deste recurso em estudos ambientais.

3.7.2 Sensoriamento Remoto

O termo Sensoriamento Remoto apareceu pela primeira vez na literatura científica em 1960 e segundo Novo (2008), significava simplesmente a aquisição de informações sem contato físico com os objetos.

As chamadas atividades de Sensoriamento Remoto envolvem a detecção, aquisição e análise (a análise envolve a interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética que os objetos terrestres emitem ou refletem e os sensores remotos registram. Essa emissão de energia eletromagnética feita por parte dos objetos terrestres pode ser considerada a base dos dados para todo o processo de identificação do objeto, de modo que a partir dela é possível quantificar toda a energia espectral que foi emitida ou refletida, permitindo assim avaliar as principais características do objeto (MORAES, 2002).

Os sistemas de Sensoriamento Remoto disponíveis atualmente fornecem dados repetitivos e consistentes da superfície da Terra, segundo Novo (2008), sendo de grande importância para diversas aplicações como urbanas, agrícolas, geológicas e limnológicas.

Assim, é evidente a utilização do Sensoriamento Remoto como uma ferramenta para realização de mapeamentos e monitoramentos ambientais. Neste trabalho ele será utilizado para avaliar a cobertura do solo que será utilizada na equação.

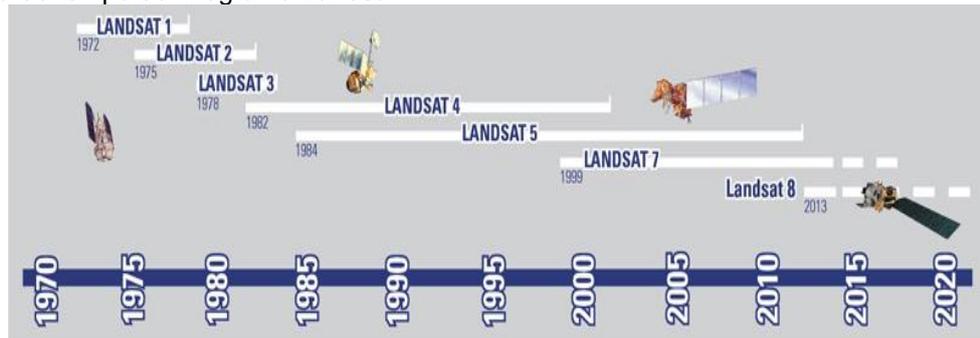
3.7.3 Satélite Landsat 8

A série Landsat surgiu no final dos anos 60 como parte do Programa de Levantamento de Recursos Terrestres da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Este programa de satélites de recursos terrestres segundo dados da NASA, é constituído por 8 satélites, sendo eles Landsat 1 (lançado em julho de 1972), Landsat 2 (lançado em janeiro de 1975), Landsat 3 (lançado em março de 1978), Landsat 4 (lançado em julho de 1982), Landsat 5 (lançado em março de 1984), Landsat 6 (lançado em outubro de 1993), Landsat 7 (lançado em

abril de 1999) e o Landsat 8 (lançado em fevereiro de 2013). Segundo Novo (2008) os satélites eram projetados para ter uma vida útil de em média dois anos, porém, alguns se mantiveram ativos por mais tempo.

A Figura 5 apresenta uma linha do tempo referente a esse Programa Landsat.

Figura 5: Linha do tempo do Programa Landsat



Fonte: NASA (2015)

O Programa Landsat pode ser definido como um programa de satélites de sensoriamento remoto para monitorar os recursos do planeta. Ele fornece dados multiespectrais da superfície da Terra em uma base global. É um recorde incomparável em termos de qualidade, detalhe, cobertura e valor (NASA, 2015).

Em 2013 lançou-se ao espaço a Missão de Continuidade dos Dados Landsat (LDCM) – chamada Landsat 8. Segundo dados fornecidos pela NASA, esse novo satélite trouxe novidades importantes para quem utiliza esses tipos de dados. Com dois novos sensores: o sensor espectral OLI (*Operational Land Imager*) e o sensor termal TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), as melhorias na resolução espectral são bem positivas. Adicionou-se também duas bandas espectrais além de um novo canal de infravermelho para detecção de cirros. Há também uma nova banda de Garantia de Qualidade (Banda QA) que fornece informações sobre a presença de nuvens, água e neve.

Em relação à resolução espacial houve poucas inovações de modo que as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9 possuem uma resolução de 30 metros; as bandas termais 10 e 11 possuem uma resolução de 100 metros; e a banda 8 (pancromática) possui uma resolução de 15 metros (NASA, 2015).

O Programa permitiu, por 43 anos (1972 a 2015), segundo Novo (2008) a aquisição de imagens da superfície terrestre para atender uma ampla comunidade de usuários, incluindo os setores agrícola, florestal, entre outros.

Assim, analisando todo este programa, podemos dizer que os dados do Landsat são o mais longo e completo registro das superfícies continentais do planeta Terra a partir do espaço (NOVO, 2008).

3.7.4 Inferência Geográfica

A inferência geográfica combina dados espaciais com o objetivo de descrever e analisar interações para assim poder fazer previsões. Assim, um modelo bastante usado para combinar esses dados espaciais é a média ponderada.

No tipo de modelo média ponderada, segundo Câmara et al. (2011), cada mapa de entrada será então utilizado como uma forma de evidência e assim, receberá um peso diferente, este peso dependerá da importância para com a hipótese que está sendo considerada. Assim, após diagnosticar os pesos de cada classe, calcula-se uma imagem de médias ponderadas, representando assim, uma combinação particular e única de dados para cada área unitária do terreno. Lembrando que este procedimento pode ser adaptado para aplicar equações a um conjunto de mapas que pertença a um banco de dados geográfico (CÂMARA et al., 2011).

O cálculo da média ponderada, no SIG Spring, pode ser feito pela linguagem LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), que é uma linguagem do programa SPRING que segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), permite a realização de análises espaciais através de álgebra de mapas. A análise espacial utiliza os atributos espaciais e não espaciais das entidades gráficas armazenadas na base de dados espaciais para fazer simulações sobre fenômenos do mundo real.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO

O estudo se concentra na área de instalação da Usina Hidrelétrica Jurumirim administrada pela Duke Energy. A Usina Jurumirim localiza-se no município de Piraju – SP e foi a segunda construída pela Uselpa (Usinas Elétricas do Paranapanema) no rio Paranapanema, com 85Mw de potência instalada, possui um reservatório de 7,2 bilhões de m³ de água e 530 km² de área inundada na região do Alto Paranapanema (MEMÓRIA DUKE, 2015).

4.2 DESCRIÇÃO DA MICROBACIA

O presente estudo foi realizado na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos no.14 – UGRHI 14 ou mais conhecida como a Bacia Hidrográfica do Alto do Paranapanema, que se localiza a Sudoeste do Estado de São Paulo, na região Sudeste do Brasil. Segundo o Sistema integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SigRH) a bacia apresenta como principais cursos d'água o rio Paranapanema e o rio Itararé, os quais formam divisas entre os estados de Paraná e São Paulo. A bacia possui uma área de drenagem de 22.689 km² e apresenta como principais reservatórios a Usina Jurumirim, Usina Chavantes, Usina Paranapanema e Usina Pilas. A extensão da bacia do Alto do Paranapanema pode ser observada na Figura 6.

Na região, encontram-se rochas constituídas por metassedimentos argilosos, arenosos e carbonáticos, e na maior porção da bacia encontram-se rochas sedimentares e vulcânicas básicas que fazem parte da bacia do Paraná (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO PARANAPANEMA, 2017).

Em se tratando dos tipos de solo presentes na área da bacia, encontram-se solos com B textural, ou seja, solos que são bem drenados e que quando completos possuem a sequência de horizontes A, B e C, onde a transição A para B é clara ou abrupta e do B para C é clara e raramente difusa (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO PARANAPANEMA, 2017). A porosidade do solo mais argiloso B textural é baixa, já na parte superior do B devido a intensa atividade biológica a porosidade é mais alta. Encontram-se ainda solos do tipo B latossólico que tem como ponto forte para caracterização o horizonte B que tem uma espessura variando de 0,40 a 10 m. há ainda em solos de áreas de várzea o tipo solo hidromórfico caracterizado pelo encharcamento e grande acúmulo de matéria orgânica na primeira camada (COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO PARANAPANEMA, 2017).

4.3 ANÁLISE DAS VAZÕES A PARTIR DA CURVA DE PERMANÊNCIA

A partir dos dados de vazão fornecidos pela UHE Jurumirim referentes a trinta e dois anos de medição, elaborou-se por meio do programa computacional Excel, uma curva de permanência, também conhecida como curva de duração que é utilizada como ferramenta para informar com que frequência a vazão de dada magnitude é igualada ou excedida durante o período de registro das vazões. Representando assim, de forma estatística uma curva de distribuição de frequências acumuladas de ocorrência das vazões de um rio (CRUZ; TUCCI, 2008).

Utilizando a metodologia proposta por Mélo Junior e Boncarrere (2017), organizou-se as vazões do estudo em ordem decrescente (é importante possuir uma quantidade significativa de valores de vazão). A ordem pode ser obtida enumerando os valores de vazões existentes no intervalo de análise (em ordem crescente partindo do número 1). Para calcular a probabilidade (em porcentagem) de uma vazão Q ser maior ou menor que a vazão Q_i (a primeira vazão da ordem, ou seja a maior vazão encontrada naquele intervalo de estudo) se dá pela equação 1:

$$P_i = (d_i/N_v) * 100 \quad (1)$$

Onde:

P_i = A probabilidade de ser maior ou não que Q ;

d_i = A ordem de numeração de cada vazão;

N_v = O número total de valores de vazões da série.

A partir dos valores encontrados gerou-se então uma curva de permanência, lembrando que esta curva foi gerada a partir de medições diárias de vazão.

4.4 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Utilizando os resultados das amostras feitas pelos funcionários da Duke Energy de turbidez, demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), oxigênio dissolvido (OD), clorofila α , fósforo, pH, coliformes termotolerantes cedidos pela Usina Hidrelétrica Jurumirim, analisaram-se os dados de amostras à montante, no reservatório e a jusante do reservatório a título de comparação com os padrões estabelecidos na legislação.

A análise foi baseada na Resolução do CONAMA nº 357, pertinente à classificação de corpos d'água. Desta forma, a partir dos padrões estabelecidos pela resolução para cada substância, foi feita uma comparação com os valores cedidos pela Usina e os valores estabelecidos em legislação, a fim de verificar a conformidade com a classe II de água definida para aquele corpo d'água.

4.5 EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO

Segundo Pinto (2005), a Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) permite a análise de todos os fatores que podem afetar o solo de modo a torná-lo susceptível a erosão e desta forma estimar a perda de solo que pode ocorrer por meio da ação das águas pluviais que escoam na superfície na área estudada. A

perda anual é dada em toneladas por hectare. A equação 2 utilizada como base de cálculo é dada por:

$$A=R.K.L.S.C.P \quad (2)$$

Onde:

A = Perda de solo média anual devido ao escoamento superficial (ton/ha/ano)

R = Erosividade da chuva e da enxurrada (MJ/ha/(mm/h))

K = Erodibilidade do solo (ton/MJ/ha/(mm/h))

L = Fator de comprimento de rampa (adimensional)

S = Fator de gradiente da vertente (adimensional)

C = Fator de uso e manejo do solo (adimensional)

P = Fator de práticas conservacionistas (adimensional)

4.5.1 FATOR DE EROSIVIDADE DA CHUVA E DA ENXURRADA (R)

Poleto (2014) apresenta o índice EI_{30} como sendo a metodologia que melhor se adéqua à realidade tropical, desta forma, podemos entender este índice como sendo o índice de erosão (EI_{30}) um produto resultante da energia cinética da chuva (E) pela intensidade máxima ocorrida em qualquer período de 30 minutos consecutivos de chuva (I_{30}).

Assim, o cálculo de R é dado pela seguinte equação 3:

$$EI_{30} = E.I_{30} \quad (3)$$

Onde:

EI_{30} = índice de erosão em 30 minutos de chuva (MJ/mm.h.ano);

E = energia cinética da chuva (MJ/ha. mm);

I = intensidade máxima ocorrida em qualquer período de 30 minutos consecutivos (mm/h).

Segundo Poletto (2014) o EI_{30} é utilizado com valores médios anuais. É importante ressaltar que devido a variação na distribuição das chuvas ao longo dos anos, é necessária a obtenção de dados confiáveis.

Neste trabalho, será utilizado o valor proposto por Roque (2001), a partir de seu estudo desenvolvido no município de Piraju (SP), o fator de erosividade da chuva para o município, calculado por meio do índice EI_{30} , foi de $7,074 \text{ MJ mm}^{-1}\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

4.5.2 FATOR DE ERODIBILIDADE DO SOLO (K)

Utilizando os dados vetoriais de pedologia do Brasil disponíveis no site do IBGE (2017), para a determinação, dos tipos de solos presentes na área de estudo, consultou-se o Mapa Temático: solos do Brasil (INDE, 2017).

Os valores do fator K para cada tipo de solo presente na área de estudo, foram obtidos por meio de consulta aos trabalhos de Marinho Filho (2013) e Mannigel et al.(2002). Dessa forma, os valores utilizados para o fator de erodibilidade de cada solo estão descritos na tabela 1.

Tabela 1: Valores utilizados para o fator de erodibilidade K de cada solo pertencente à região de estudo.

Classificação do solo	Valor de K
Latossolo vermelho distrófico (LV)	0,0071
Latossolo vermelho – amarelo distrófico (LVA)	0,0112
Argilossolo vermelho – amarelo distrófico (PVA)	0,0466
Neossolo litólico distrófico (RL)	0,0530

Fonte: MARINHO FILHO (2013) e MANNIGEL et al. (2002)

4.5.3 FATOR DE COMPRIMENTO DE RAMPA (L) E FATOR DE GRADIENTE DA VERTENTE (S)

. Os fatores L e S por serem índices topográficos e complementares, foram determinados juntamente com o auxílio do programa computacional SAGA GIS (Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado). A partir de dados de altitude extraídos da plataforma digital do INPE Topodata, esses dados foram transferidos para o programa computacional SAGA GIS.

Utilizou-se o modelo proposto por Desmet e Govers (1996). Os autores propõem a equação 4 para o fator de comprimento de rampa:

$$L_{i,j} = [(A_{i,j-in} + D^2)^{m+1} - (A_{i,j-in})^{m+1}] / [D^{m+2} \cdot X_{i,j}^m \cdot (22,13)^3] \quad (4)$$

Onde:

$A_{i,j-in}$ = área de contribuição da célula com coordenada (i, j) (m^2);

D = tamanho da célula (m);

m = coeficiente em função da declividade para grade de células com coordenadas (i, j);

x = coeficiente e função do aspecto para grade de células com coordenadas (i, j);

Lembrando que o coeficiente “m” é obtido a partir de determinadas classes de declividade, sendo:

m = 0,5 se a declividade for > 5%;

m = 0,4 para o intervalo de 3 a 5%;

m = 0,3 para o intervalo de 1 a 3%; e

m = 0,2 para grau de declividade < 1%

Em se tratando do cálculo da declividade, é usado o algoritmo da equação 5:

$$G_{i,j} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (5)$$

Onde:

G_x = gradiente na direção x (m/m)

G_y = gradiente na direção y (m/m)

É importante ressaltar que o programa SIG utilizado possui o algoritmo de declividade implementado e este parâmetro é obtido a partir da Modelagem Digital do Terreno (MDT).

4.5.4 FATOR DE USO E MANEJO DO SOLO (C)

Este fator segue a seguinte regra, são atribuídos valores para cada tipo de solo, de modo que um solo descoberto recebe o valor de $C = 1$, e a partir deste valor, atribui-se os outros valores de acordo com a densidade da cobertura, dessa forma, quanto maior for a cobertura vegetal da área, menor será o valor da variável C.

Utilizando a metodologia proposta por Souza e Gasparetto (2012) que explica a elaboração de um mapa de uso e ocupação do solo, construído com auxílio de interpretação visual de cenas mensais do sensor CBERS 2 e CBERS 2B, onde as imagens de satélite foram essenciais para identificar a cobertura do solo. Desta forma, utilizando imagens obtidas de satélites, foi gerado uma mapa de cobertura do solo, onde foi possível identificar as seguintes classes: (a) água, (b) área urbana, (c) solo exposto, (d) vegetação densa e (e) vegetação rasteira e a partir desta classificação foram atribuídos os seguintes valores:

Tabela 2: Valores do fator C de acordo com o tipo de cobertura do solo.

USO DA TERRA	FATOR C
Água	0,0
Área urbana	0,005
Solo exposto	1,0
Vegetação densa	0,001
Vegetação rasteira	0,5

Fonte: Adaptado de SOUZA e GASPARETTO (2012)

4.5.5 FATOR DE PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS (P)

Segundo Poletto (2014), muito semelhante ao fator C, o fator P também determina um valor de base (1) para o pior cenário e a partir desta base aplica-se o valor as outras áreas, sendo 1 onde não existe nenhuma prática de conservação do

solo, e conforme se observa medidas de controle e conservação os valores referentes a P diminuirão.

Por meio de pesquisas em literatura relacionada ao assunto, os valores utilizados para o fator P se basearam no trabalho de Souza e Gasparetto (2012), conforme Tabela 3.

Tabela3: Valores adotados para o fator P.

Uso do solo	Valor do fator P
Água	1,0
Área urbana	1,0
Solo exposto	1,0
Vegetação densa	0,2
Vegetação rasteira	0,5

Fonte: Adaptado de SOUZA e GASPARETTO (2012)

4.6 ELABORAÇÃO DA CARTA DE RISCO DE PERDA DE SOLO DA ÁREA DE DRENAGEM DO RESERVATÓRIO

A carta de risco de perda de solo da área de drenagem do reservatório da Usina Hidrelétrica Jurumirim foi elaborada a partir do programa de geoprocessamento Spring (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, do INPE). Inicialmente criou-se um banco de dados geográficos com um conjunto de shapes vetoriais de imagem que caracterizam a área de estudo.

As imagens utilizadas são oriundas do satélite Landsat 8 e foram importadas do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A metodologia adotada para a classificação da imagem foi o método da Máxima Verossimilhança sendo este um dos métodos mais tradicionais segundo Ribeiro et al. (2007), que também cita a distribuição espectral das classes de uso do solo.

Neste método são consideradas as distribuições gaussianas ou normais, ou seja, objetos de mesma classe apresentam uma resposta espectral com média de valores próxima. Este método é considerado supervisionado, de modo que são selecionadas dentro da área amostras de treinamento, ou seja, são selecionados pixels considerados mais representativos de acordo com cada classe de interesse

(IBGE, 2001). A classificação se deu em cinco tipos diferentes, sendo eles: solo exposto, área urbana, vegetação rasteira, vegetação densa e água.

A partir da conclusão da classificação, pode-se entender melhor a região do entorno do reservatório da hidrelétrica. Assim, foi possível concluir os fatores C e P da EUPS. Os valores para áreas de solo exposto, vegetação rasteira ou plantação agrícola e área de vegetação densa foram localizados e atribuídos.

Foram formuladas as equações para recuperação das informações para os fatores K, C e P. A equação para recuperação de dados para o fator K, levou em consideração os tipos de solo que já haviam sido incluídos no programa e o valor de cada tipo de solo.

A equação dos dados para o fator C foi realizada pela classificação do solo feitos no mapa de uso e cobertura do solo associados com os valores de C. Já a equação de dados do fator P, muito similar a equação do fator C, também considerou o mapa de uso e cobertura do solo, associando cada classe de solo cadastrada no mapa com um valor de P referente ao tipo de manejo. É importante ressaltar que cada uma dessas equações resultou em uma grade de valores que representava cada um dos fatores.

Após a conclusão dessas três equações, a equação final levou em consideração as equações de recuperação do fator K, C e P e considerou o fator R que foi multiplicado aos outros fatores de modo direto já que o valor utilizado para R é o mesmo em toda a região.

Os fatores LS que foram adicionados a equação a partir da grade de valores gerada com o mapa obtido pelo programa SAGA GIS foram incluídos para gerar a carta final.

Após encontrar todas as variáveis da fórmula, utilizou-se a metodologia proposta por Kuntschik et al. (1996) no programa Spring, a partir dos valores encontrados utiliza-se a linguagem LEGAL para uma multiplicação pixel a pixel ou célula a célula (da grade), gerando assim uma carta de risco de perda de solo na área estudada.

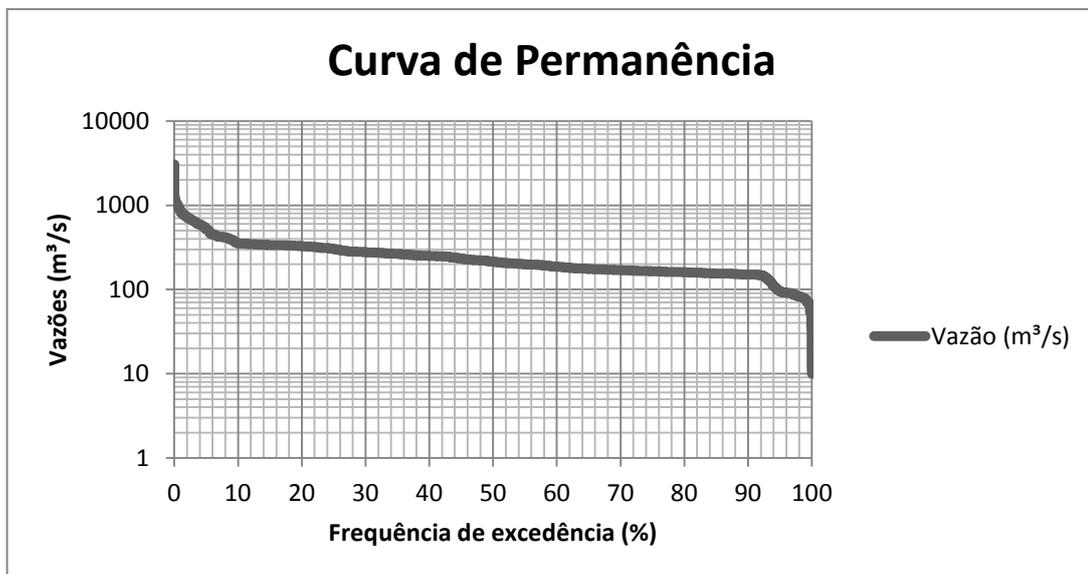
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CURVA DE PERMANÊNCIA

A curva de permanência apresenta a relação entre a vazão de um rio e a probabilidade de ocorrerem vazões iguais ou maiores ao valor referência (TUCCI, 2009). Esta curva é de suma importância para Usinas Hidrelétricas, pois possibilitam definir a vazão de projeto a ser utilizada para dimensionamento do potencial de fornecimento de energia.

A curva de permanência (Gráfico 1) foi confeccionada a partir do intervalo de tempo correspondente a agosto de 1983 até março de 2015, sendo utilizado aproximadamente 32 anos de medições de vazões.

Gráfico 1: Curva de permanência referente a 32 anos de medições diárias.



Fonte: Dados obtidos da RIMACAF (2015).

A curva de permanência de um sistema de barragem possui característica mais linear e mais achatada, pois possui um reservatório que contribui para regularização da vazão ao longo do tempo com aumento da vazão mínima do curso de água (BARBOSA JUNIOR, 2017).

Observa-se que o valor da Q_{90} neste rio é de $109\text{m}^3/\text{s}$, ou seja, a vazão deste rio é superior a $109\text{m}^3/\text{s}$ em 90% do tempo. No estado de São Paulo a vazão

utilizada como base na curva de permanência é a Q_{95} que de acordo com a curva de permanência plotada apresenta o valor de $90\text{m}^3/\text{s}$.

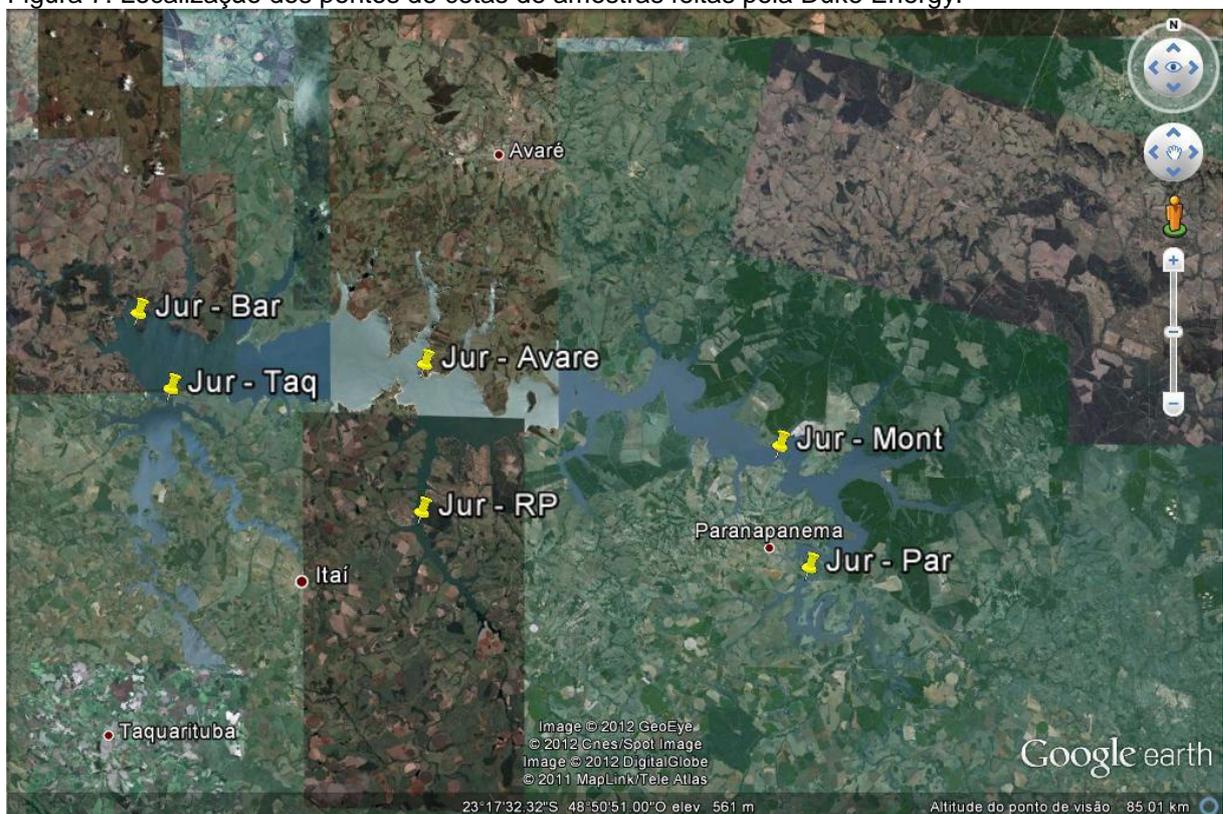
A Q_{50} apresenta um valor de $110\text{m}^3/\text{s}$, o que significa que em 50% do tempo de monitoramento esta vazão foi superada ou igualada, esse valor é menor que a média das vazões.

A Q_{10} apresenta o valor de $350\text{m}^3/\text{s}$, de modo que 10% do tempo a vazão excede esse valor, em comparação com a Q_{95} , esse valor é aproximadamente três vezes o maior.

5.2 ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

O estudo hídrico qualitativo desenvolvido na Usina Hidrelétrica Jurumirim foi dividido de acordo com pontos de amostragem. As coletas feitas pelos profissionais da Duke Energy ocorreram em 6 pontos distintos do reservatório (Figura 7) indicados na Tabela 4.

Figura 7: Localização dos pontos de cetras de amostras feitas pela Duke Energy.



Fonte: RIMACAF (2015)

Tabela 4: Os pontos de amostragem (e suas abreviações) feitos pela Usina com as suas coordenadas geográficas e elevação (aproximada) dos pontos de amostragem no reservatório.

Pontos	Abreviações	Localização		Altitude (m)
Parapanema	Jur-Par	23°24'39.40"S	48°41'53.80"O	565
Montante	Jur-Mont	23°19'21.90"S	48°43'19.00"O	568
Ribeirão das Posses	Jur-RP	23°22'20.80"S	49° 0'7.80"O	567
Avaré	Jur-Avaré	23°15'55.40"S	49° 0'1.10"O	560
Taquari	Jur-Taq	23°17'1.90"S	49°11'56.80"O	570
Barragem	Jur-Bar	23°13'44.80"S	49°13'29.20"O	563

Fonte: Dados obtidos da RIMACAF, 2015.

5.2.1 Turbidez

O valor máximo previsto pela Resolução do CONAMA nº 357 para turbidez de um rio classe II é de até 100UNT, os valores encontrados nas amostras podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5: Os valores para turbidez (UNT) em cada ponto de amostragem de acordo com o mês e o ano em que a amostra foi colhida.

Ano	Mês	Pontos de Coleta					
		Jur - Par	Jur - Mon	Jur - RP	Jur - Avaré	Jur - Taq	Jur - Bar
2011	Mar	25,7	43,0	22,5	17,3	3,7	1,7
	Jul	4,3	2,8	2,4	2,3	0,4	0,6
	Out	3,8	33,1	36,3	32,1	5,1	3,7
2012	Mar	19,2	9,0	1,0	0,0	2,0	1,2
	Mai	23,9	18,0	15,3	10,8	8,7	5,8
	Out	39,8	7,1	7,1	4,4	6,7	5,6
2013	Mar	31,0	23,6	18,7	4,5	4,3	2,5
	Jun	19,4	6,4	8,5	5,6	0,4	0,3
	Out	8,3	7,1	8,0	4,5	2,7	4,6
2014	Mar	41,9	17,9	4,7	4,1	3,8	3,4
	Jun	25,4	18,5	2,1	0,0	2,1	2,3
	Out	13,6	9,0	7,3	1,5	2,5	1,8
Média		21,4	16,3	11,2	7,3	3,5	2,9
Desv. P.		12,0	11,6	9,9	8,8	2,3	1,8

Fonte: Dados obtidos da RIMACAF, 2015.

Analisando a tabela de resultados é possível afirmar que nenhum ponto de amostragem do reservatório extrapolou o valor máximo permitido de turbidez para um rio de classe II. Este resultado pode estar intimamente relacionado à época do ano em que foram feitas as coletas de água, já que são períodos de pouca ou nenhuma chuva, sendo este um evento natural que influencia diretamente a turbidez, uma vez que as chuvas transportam solos e carregam sedimentos para os corpos de água.

Com o cálculo da média dos valores encontrados para cada ponto de amostra, fica evidente a grande diferença de valores de turbidez nos variados pontos de análise. O que se observa é que os valores tendem a ser mais altos à montante, e no decorrer do reservatório os valores vão diminuindo até a barragem.

Os valores à montante são evidentemente mais altos, isto se deve ao fato de que muitas vezes essas áreas correspondem a entrada dos sedimentos e partículas no sistema do reservatório. No decorrer do reservatório, os valores de turbidez vão diminuindo, pois o processo de aglutinação e sedimentação ocorre nos sistemas lênticos.

O valor médio de turbidez encontrado na barragem é muito pequeno em comparação com o valor médio da montante, isto se deve as condições completamente diferentes do corpo de água neste ponto, já que nesta região a profundidade é relativamente maior.

5.2.2 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_{5,20})

Em se tratando da DBO, o valor máximo previsto pela Resolução do CONAMA nº 357 para a DBO (5 dias a 20°C) de um rio classe II é de até 5 mg O₂/L, os valores encontrados nas amostras podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6: Os valores para demanda bioquímica de oxigênio (em mg O₂/L) em cada ponto de amostragem de acordo com o mês e o ano em que a amostra foi colhida.

		Pontos de Coleta					
Ano	Mês	Jur - Par	Jur - Mon	Jur - RP	Jur - Avaré	Jur - Taq	Jur - Bar
2011	Mar	1,3	1,0	1,2	1,6	0,2	0,8
	Jul	2,2	1,8	0,9	1,2	0,6	1,6
	Out	1,6	1,6	0,8	0,8	0,6	1,1

2012	Mar	1,5	0,8	1,5	0,8	1,2	0,9
	Mai	2,0	2,0	1,6	1,6	2,8	1,0
	Out	1,0	3,0	1,6	1,4	3,0	1,2
2013	Mar	1,2	2,2	2,0	1,0	0,8	0,8
	Jun	0,8	0,6	1,8	0,9	0,7	0,6
	Out	2,0	1,4	1,8	1,2	0,8	1,8
2014	Mar	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
	Jun	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 2
	Out	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Média		1,5	1,6	1,5	1,2	1,2	1,1
Desv. P.		0,5	0,7	0,4	0,3	0,9	0,4

Fonte: Dados obtidos da RIMACAF, 2015.

Ao observar a Tabela 3 é possível notar que nenhum valor excedeu o valor máximo de DBO para um rio de classe II, sendo que o valor máximo de DBO apresentado foi de 3mg O₂/Le o valor mais baixo foi de 0,6 mg O₂/L de modo que a matéria orgânica nas áreas de coleta estão equilibradas indicando que não há nenhuma descarga de matéria orgânica nos pontos analisados.

O cálculo da média dos valores para cada ponto apresentou valores muito similares entre todos os pontos e todos os pontos estão abaixo do valor máximo previsto pelo CONAMA. Este resultado pode ser um indicativo de que a região não recebe uma descarga de matéria orgânica, de modo que a área não é fonte receptora de poluição orgânica frequente.

5.2.3 Oxigênio Dissolvido (OD)

A Resolução do CONAMA nº 357 prevê o valor mínimo de 5mg/L de O₂ para a medição de Oxigênio Dissolvido (OD) de um rio classe II, ou seja, o valor medido não deve ser inferior a 5mg O₂/L. Os valores encontrados nas amostras podem ser observados na tabela 7.

Tabela 7: Os valores para oxigênio dissolvido (em mg O₂/L) em cada ponto de amostragem de acordo com o mês e o ano em que a amostra foi colhida.

Ano	Mês	Pontos de Coleta					
		Jur - Par	Jur - Mon	Jur - RP	Jur - Avaré	Jur - Taq	Jur - Bar
2011	Mar	9,1	8,7	9,4	8,8	8,7	8,6
	Jul	10,3	9,9	9,4	10,0	9,9	9,9

	Out	12,8	12,8	12,9	12,4	11,8	12,5
2012	Mar	7,7	7,2	5,3	6,8	5,0	5,7
	Mai	8,3	8,2	7,8	8,2	8,1	7,9
	Out	6,3	7,5	8,1	8,1	7,2	5,6
2013	Mar	8,0	7,0	7,1	8,8	7,5	8,0
	Jun	7,5	8,0	7,9	8,9	7,7	8,3
	Out	8,1	9,0	9,3	10,7	10,0	9,9
2014	Mar	6,8	6,4	6,8	6,4	7,2	6,9
	Jun	8,1	7,8	7,1	7,7	7,1	7,7
	Out	6,3	6,7	7,7	7,9	8,0	10,7
Média		8,3	8,3	8,2	8,7	8,2	8,5
Desv. P.		1,7	1,7	1,8	1,6	1,7	1,9

Fonte: Dados obtidos da RIMACAF, 2015.

A Tabela 4 não apresenta nenhum valor inferior ao determinado pela Resolução do CONAMA nº 357, estando dentro dos limites apresentados de padrão de rio de classe II. O valor mais baixo apresentado na tabela foi de 5,0 mgO₂/L. Pode-se dizer que muitas concentrações de oxigênio encontradas estão apresentando níveis de concentração próximos ao de saturação o que pode indicar a limpeza da água segundo Piveli (2017), porém há pontos acima de 10 mg/L, o que indica um estado de supersaturação. Piveli (2017) afirma que estes casos se dão principalmente em lagos de baixa velocidade, que corresponde ao caso do reservatório de Jurumirim.

Ao analisarmos os valores das médias de cada ponto os valores apresentados estão de acordo com o esperado para o rio.

5.2.4 Clorofila α

O valor máximo previsto pela Resolução do CONAMA nº 357 para a medição de Clorofila α de um rio classe II é de até 30 $\mu\text{g/L}$. Os valores encontrados nas amostras podem ser observados na tabela 8.

Tabela 8: Os valores para clorofila α (em $\mu\text{g/L}$) em cada ponto de amostragem de acordo com o mês e o ano em que a amostra foi colhida.

		Pontos de Coleta					
Ano	Mês	Jur - Par	Jur - Mon	Jur - RP	Jur - Avaré	Jur - Taq	Jur - Bar

2011	Mar	2,6	2,6	2,9	2,3	0,8	1,0
	Jul	2,9	1,6	1,0	2,4	1,3	2,6
	Out	1,6	2,6	3,5	0,7	0,9	1,4
2012	Mar	5,1	2,4	1,2	0,6	0,8	1,1
	Mai	0,2	0,5	0,3	0,8	0,1	0,1
	Out	2,0	1,1	0,7	0,4	1,0	0,8
2013	Mar	3,2	2,9	1,1	0,9	1,0	0,5
	Jun	1,8	1,9	2,1	0,8	1,3	1,0
	Out	4,3	2,2	2,9	1,3	1,8	1,6
2014	Mar	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	4
	Jun	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
	Out	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
Média		2,6	2,0	1,7	1,1	1,0	1,4
Desv. P.		1,4	0,7	1,1	0,7	0,4	1,1

Fonte: Dados obtidos da RIMACAF, 2015.

A partir da tabela é possível notar que os valores estão bem distantes do valor máximo permitido, de modo que os valores mais baixos ficam em torno de 0,1 µg/L e o maior valor medido foi de 5,1 µg/L. Os valores encontrados, no cálculo da média, para cada ponto de coleta de amostra confirmam que a área de estudo está dentro dos padrões previstos pelo CONAMA nº 357 para o fator clorofila α .

É importante ressaltar que a clorofila α é encontrada em todos os grupos de algas e cianobactérias, assim, a medição da mesma é indicadora de biomassa fitoplanctônica que é o indicador de crescimento de algas e cianobactérias. Esse crescimento se dá devido ao fato da água estar enriquecida principalmente por nitrogênio e fósforo. No estudo realizado foram encontrados valores relativamente baixos se comparado com a resolução do CONAMA nº 357.

5.2.5 Fósforo

O valor máximo previsto pela Resolução do CONAMA nº 357 para a medição de fósforo total para um rio classe II é de 0,030 mg/L para ambientes lênticos, até 0,050 mg/L em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico e até 0,1 mg/L em ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários. Os valores encontrados nas amostras podem ser observados na tabela 9.

Tabela 9: Os valores para fósforo total (em mg/L) em cada ponto de amostragem de acordo com o mês e o ano em que a amostra foi colhida.

		Pontos de Coleta					
Ano	Mês	Jur - Par	Jur - Mon	Jur - RP	Jur - Avaré	Jur - Taq	Jur - Bar
2011	Mar	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
	Jul	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
	Out	0,02	0,02	0,02	0,00	0,01	0,00
2012	Mar	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
	Mai	0,03	0,04	0,03	0,06	0,03	0,03
	Out	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2013	Mar	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
	Jun	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Out	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2014	Mar	0,08	0,03	0,02	0,05	0,02	0,01
	Jun	0,05	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01
	Out	0,06	0,03	0,02	0,02	0,01	0,02
Média		0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Desv. P.		0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01

Fonte: Dados obtidos da RIMACAF, 2015.

Os pontos Par e Mon estão localizados a montante da represa como ambientes intermediários, assim, os valores encontrados estão dentro do valor esperado de até 0,1 mg/L. Pode ser observado que os valores de medição estão todos dentro do limite estabelecido para um rio de classe II, sendo que o menor valor medido foi de 0,00mg/L e o maior valor medido foi de 0,08 mg/L.

Se observada a média calculada para cada ponto de estudo, o rio está enquadrado na classe II, pois os valores estão dentro do esperado para um sistema lântico.

5.2.6 pH

Segundo a Resolução do CONAMA nº 357 o valor de pH aceito para rios de classe II fica entre 6 e 9. Os valores encontrados nas amostras podem ser observados na tabela 10.

Tabela 10: Os valores para pH em cada ponto de amostragem de acordo com o mês e o ano em que a amostra foi colhida.

Ano	Mês	Pontos de Coleta					
		Jur - Par	Jur - Mon	Jur - RP	Jur - Avaré	Jur - Taq	Jur - Bar
2011	Mar	7,11	7,19	7,41	7,42	7,35	7,59
	Jul	6,35	5,86	6,64	6,82	6,67	6,47
	Out	5,11	6,49	6,38	6,03	4,64	6,14
2012	Mar	6,34	6,26	7,00	6,22	6,74	6,10
	Mai	6,78	6,80	6,60	6,61	6,56	6,35
	Out	7,50	7,30	7,30	7,00	7,70	6,80
2013	Mar	7,20	6,96	6,94	6,42	6,84	6,80
	Jun	6,87	6,58	6,58	6,04	6,40	6,41
	Out	6,86	6,49	6,58	6,35	6,40	6,37
2014	Mar	6,77	6,76	6,81	6,59	6,86	6,76
	Jun	7,07	7,30	7,59	6,63	7,27	7,19
	Out	6,80	6,87	7,34	6,49	7,62	6,78
Média		6,73	6,74	6,93	6,55	6,75	6,65
Desv. P.		0,58	0,41	0,38	0,38	0,77	0,42

Fonte: Dados obtidos da RIMACAF, 2015.

Os resultados apresentados na tabela 6 mostram que as análises de pH do reservatório em geral se mantiveram dentro da faixa esperada, com exceção de três pontos: Mon no mês de julho de 2011 e os pontos Par e Taq medidos no mês de outubro de 2011. Valores baixos de pH indicam acidez no meio aquático, provocado, segundo Pereira (2004), pela presença de CO₂, ácidos minerais e sais hidrolisados. Silva et al. (2008) afirma que as variáveis físico-químicas de um rio se relacionam com eventos externos ao corpo de água, como por exemplo a ocorrência de precipitações com tempos de recorrência relativamente altos.

Os valores médios encontrados para o fator pH, apresentam valores entre 6 e 7, estando de acordo com o que é determinado pelo Conama 357 para um rio de classe II.

No Estudo de Silva et al. (2009) no reservatório da Usina Hidrelétrica de Peti, Minas Gerais, o valor do pH se manteve entre 6 e 7, salva as exceções de dois pontos que apresentaram valores acima de 7. Porém, segundo o autor, isto ocorreu devido a medição ter sido realizada em épocas chuvosas. Os valores medidos no reservatório da Usina Hidrelétrica de Jurumirim também apresentaram valores

maiores que 7,00 principalmente em meses chuvosos, com exceção de Junho de 2014.

5.2.7 Coliformes Termotolerantes

Segundo a Resolução do CONAMA nº 274, o valor para coliformes termotolerantes para uso da água para recreação de contato primário é considerada excelente quando apresentar no máximo 250 coliformes termotolerantes, muito boa ao apresentar no máximo 500 coliformes termotolerantes e satisfatória quando apresentar no máximo 1.000 coliformes termotolerantes. Os valores encontrados nas amostras podem ser observados na tabela 11.

Tabela 11: Os valores para coliformes termotolerantes (em NMP/100ml) em cada ponto de amostragem de acordo com o mês e o ano em que a amostra foi colhida.

Pontos de Coleta							
Ano	Mês	Jur - Par	Jur - Mon	Jur - RP	Jur - Avaré	Jur - Taq	Jur - Bar
2011	Mar	93,0	4,0	4,0	4,0	15,0	11,0
	Jul	4,0	93,0	15,0	4,0	11,0	43,0
	Out	9,1	15,0	11,0	23,0	23,0	43,0
2012	Mar	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
	Mai	< 3	3,6	< 3	< 3	< 3	< 3
	Out	< 3	< 3	< 3	< 3	23,0	< 3
2013	Mar	< 3	7,2	< 3	< 3	< 3	< 3
	Jun	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
	Out	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
2014	Mar	970,0	4,0	3,0	< 1	< 1	4,0
	Jun	36,0	2,0	< 1	< 1	< 1	< 1
	Out	38,0	< 1	1,0	< 1	< 1	38,0
Média		191,7	18,4	6,8	10,3	18,0	27,8
Desv. P.		349,3	32,6	5,3	9,0	5,2	16,8

Fonte: Dados obtidos da RIMACAF, 2015.

Ao observar a tabela com os valores encontrados no reservatório da usina, é nítido que na maior parte das medições, os valores se mantiveram baixos e dentro dos limites estabelecidos na Resolução do CONAMA nº 274 para coliformes termotolerantes como um rio com classificação muito boa. Exceção feita no ponto Par à montante do reservatório, onde no mês de março de 2014, o valor

apresentado foi alto se comparado com as outras medições ocorridas no mesmo local.

Essa medição apresentou o valor de 970 NMP/100 ml, que resultou em uma queda na classificação do ponto de muito boa para satisfatória, porém, ainda dentro do limite permitido. O valor muito alto pode ter ocorrido devido a alguma descarga de efluentes no local próximo ao momento da coleta de amostras.

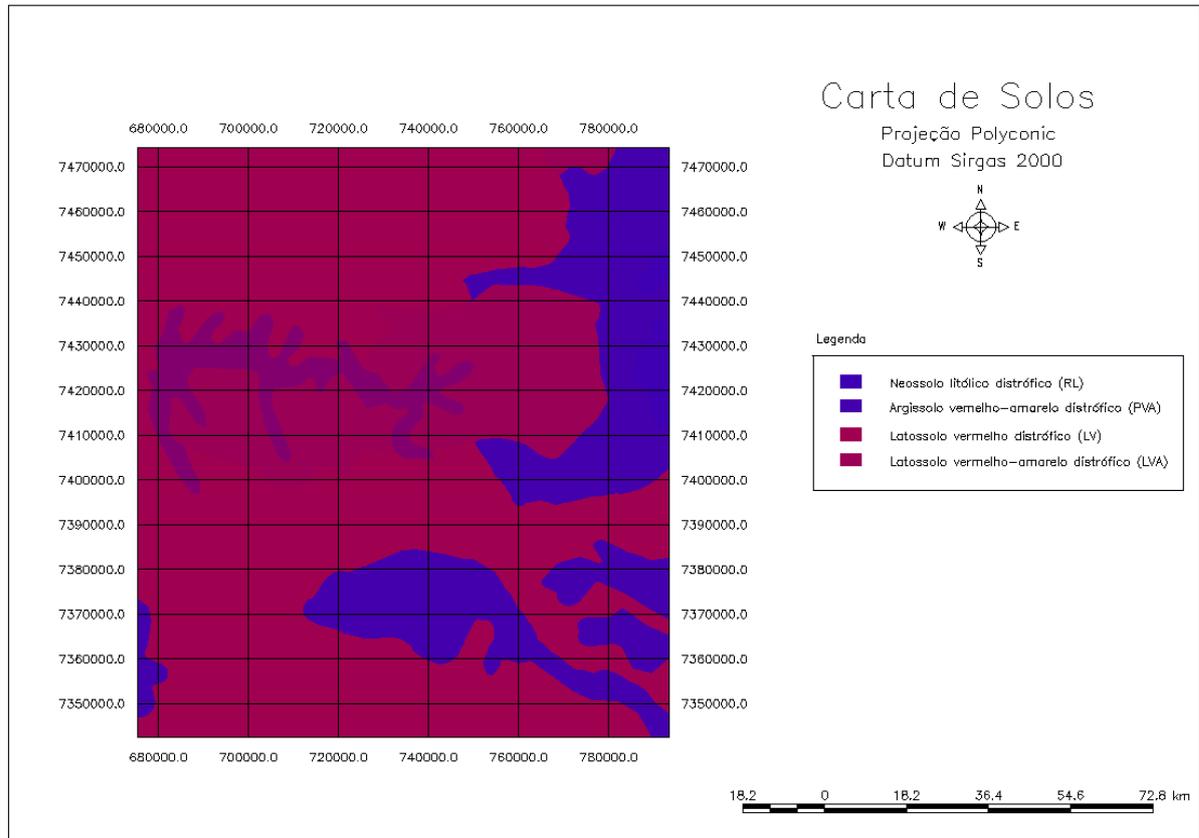
Se a análise for baseada nas médias obtidas de cada ponto, a classificação da área em análise pode ser considerada muito boa, estando os valores abaixo de 250 NMP/100ml.

5.3 CARTA DE RISCO DE PERDA DE SOLO

A carta de risco de perda de solo foi gerada como resultado da multiplicação dos fatores de erosividade, de erodibilidade, comprimento de rampa, gradiente da vertente, uso e conservação do solo e práticas conservacionistas.

O fator de erodibilidade (K) resultou em uma carta onde estão apresentados os tipos de solos do Brasil (Figura 8). Lembrado que para o cálculo do fator, observou-se os solos presentes na área de estudo, sendo eles o Latossolo vermelho distrófico (LV), o Latossolo vermelho – amarelo distrófico (LVA), o Argissolo vermelho – amarelo distrófico (PVA) e o Neossolo litólico distrófico (RL).

Figura 8: Carta de tipos de solo presentes na região de estudo.

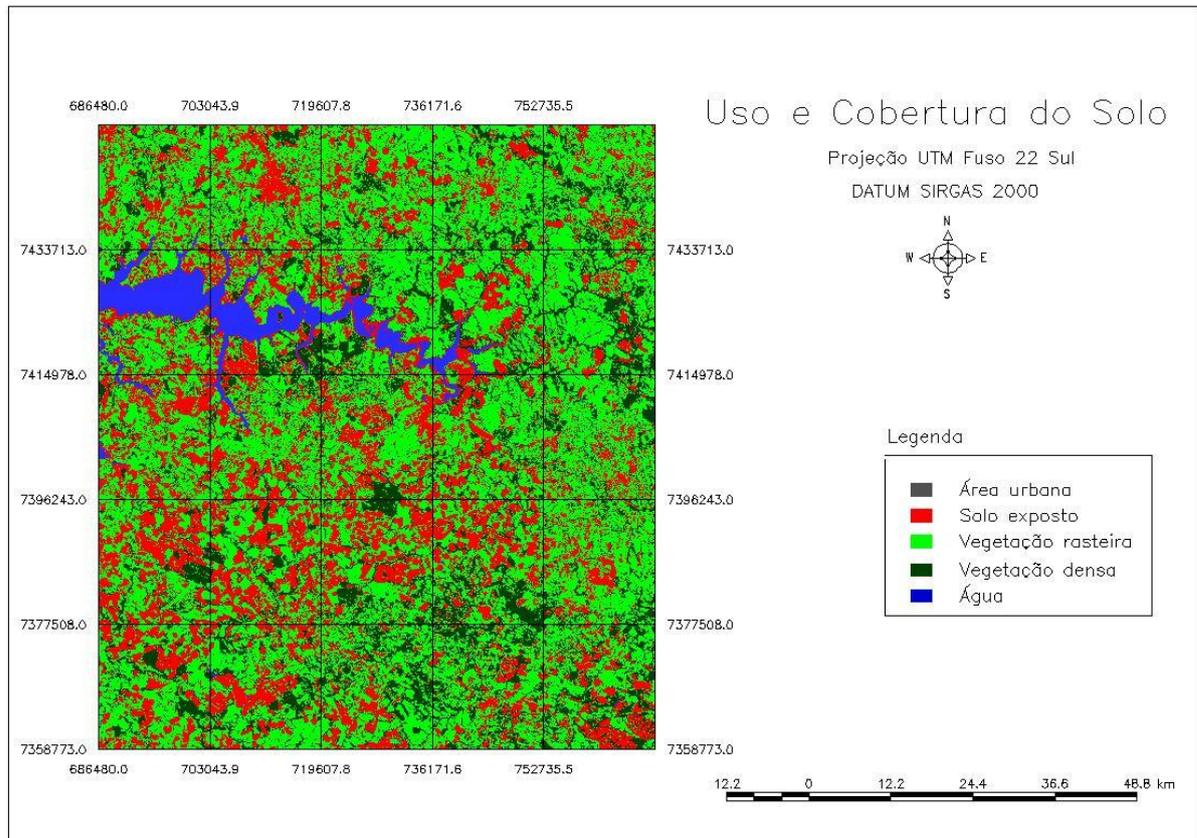


Fonte: do autor (2017).

Para atingir o resultado final, cada tipo de solo foi associado a um número que representa a suscetibilidade do solo a sofrer erosão.

Para a determinação dos fatores de uso e cobertura do solo (C) e do fator de práticas conservacionistas (P), foi necessário analisar a cobertura vegetal da área em questão e isso foi possível por meio da classificação das imagens de satélite obtidas. A classificação quanto à cobertura do solo resultou em um mapa de uso do solo (Figura 9).

Figura 9: Carta explicitando o mapa de uso e ocupação do solo.



Fonte: do autor (2017).

O mapa de uso e ocupação do solo foi dividido nas classes: água, área urbana, solo exposto, vegetação densa e vegetação rasteira. É possível pela observação do mapa notar a grande quantidade de solo exposto no entorno do reservatório, estas áreas podem estar relacionadas com áreas de plantação, de modo que a época em que as imagens foram obtidas, poderia ter ocorrido colheita. Caso contrário, é importante analisar estas áreas expostas pois são mais susceptíveis a sofrer as ações de erosão.

Observa-se ainda uma grande porcentagem de áreas com vegetação rasteira, evidenciando o envolvimento da área com pastagens e plantações.

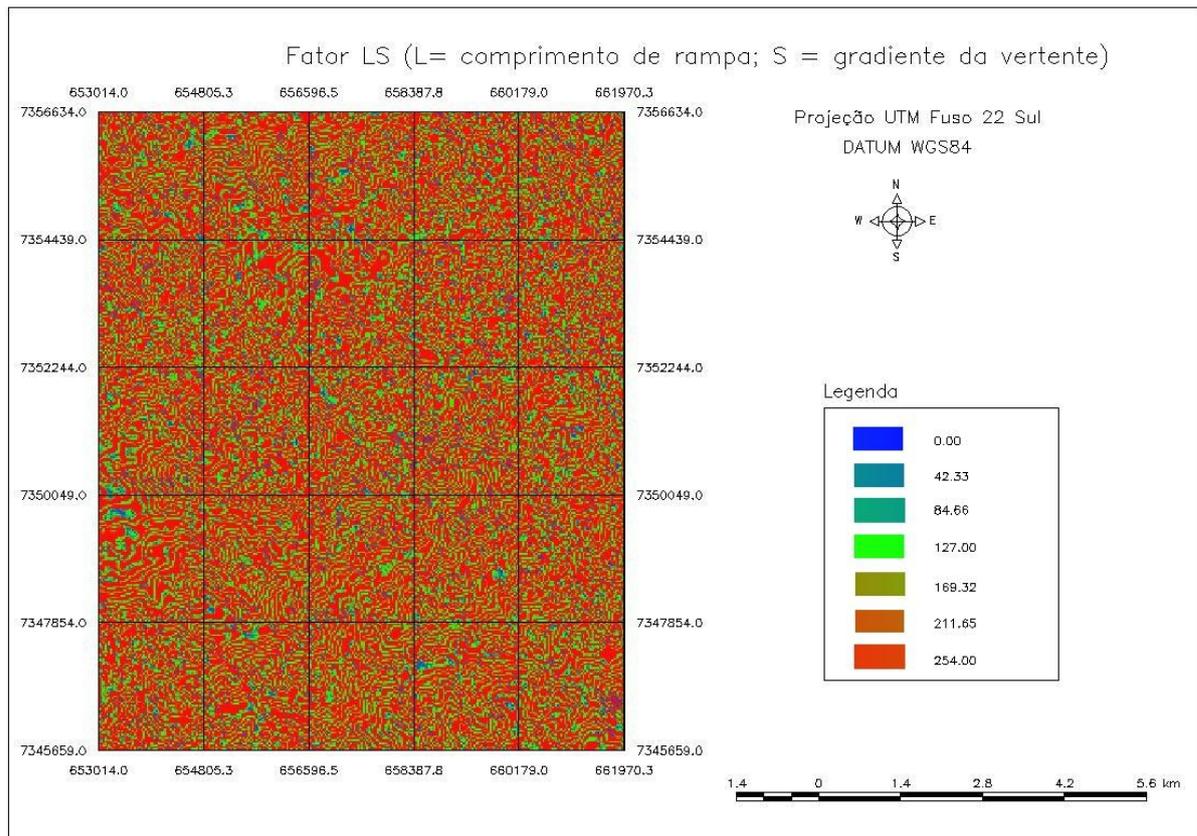
A elaboração do mapa foi útil de modo a mostrar a falta de uma área verde em torno do reservatório, e assim, a necessidade em se monitorar a região de mata ciliar, já que esta se apresenta quase inexistente no entorno do reservatório.

A partir da coleta de dados de altitude, na plataforma on-line TOPODATA, da área em estudo, os dados foram incluídos no programa SAGA GIS que tem em sua estrutura a possibilidade do cálculo do fator LS usando três metodologias a escolha

do pesquisador. A metodologia escolhida foi a de Desmet e Govers (1996) por se enquadrar no tipo de pesquisa, e por ser um dos métodos mais utilizados para este cálculo.

O mapa gerado (Figura 10) apresenta o resultado do cálculo feito pelo programa.

Figura 10: Carta do cálculo do Fator LS obtido por meio do programa computacional SAGA GIS.



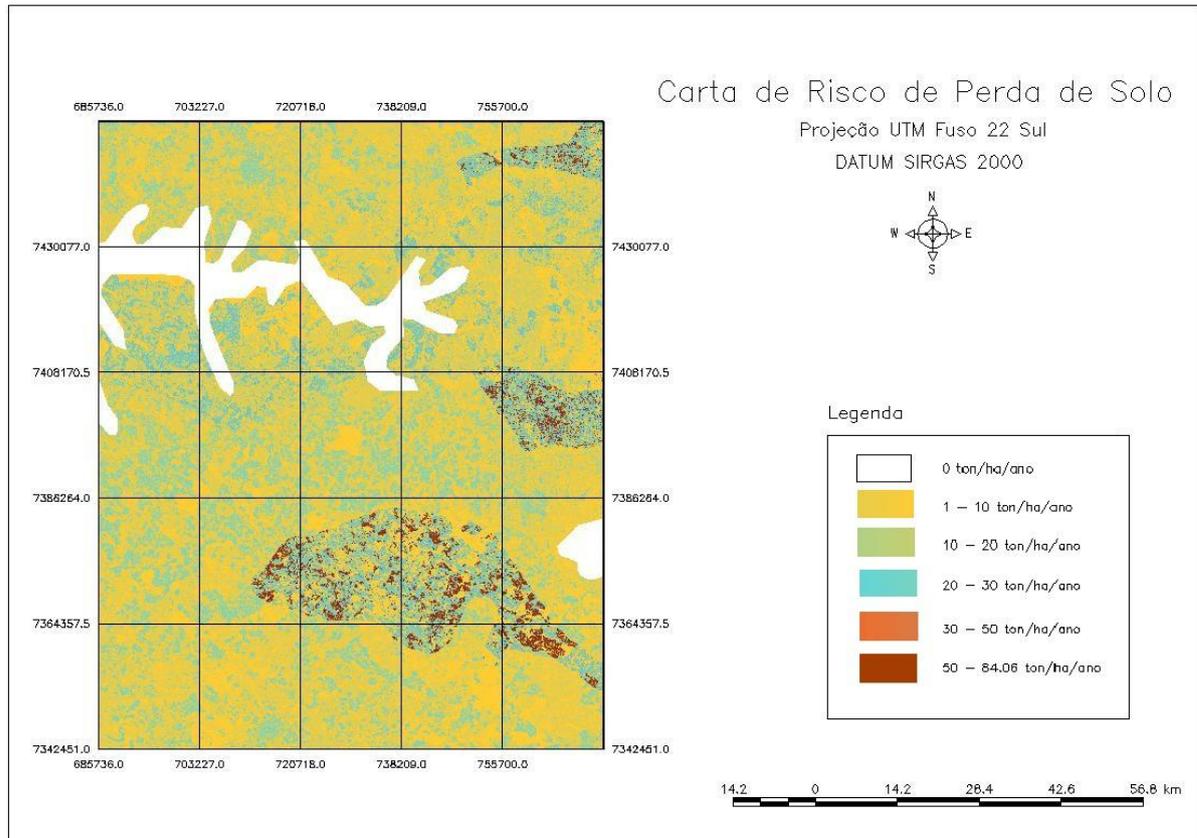
Fonte: do autor (2017).

Com o resultado do fator LS, o arquivo foi importado no programa Spring.

Com os dados analisados separadamente, todos os resultados foram incorporados ao programa Spring, e então, foi possível calcular o risco de perda de solo da área em estudo.

A carta de risco de perda de solo (Figura 11) resultou da multiplicação de todos os elementos que compõem a fórmula da equação universal de perda de solo. Com o auxílio do programa LEGAL, foi possível integrar todos os resultados que haviam sido obtidos anteriormente.

Figura 11: Carta de risco de perda de solo.



Fonte: do autor, 2017

A Carta de risco de perda de solo foi confeccionada abrangendo uma grande área em torno do reservatório da Usina Hidrelétrica Jurumirim e apresentou como resultado valores de A que vão de 0 a 84,06 t/ha/ano.

A carta mostra a área de estudo do reservatório da UHE Jurumirim, sendo as áreas em tons mais claros ou brancos locais que apresentam um baixo risco de sofrer erosão, ou seja, pode-se dizer que são áreas com uma grande cobertura vegetal ou áreas de pouca declividade. Já os tons mais avermelhados ou mais escuros apresentados na carta, são locais que requerem uma atenção maior em relação aos riscos de erosão, ou seja, foram áreas que tiveram como resposta um valor provável de maior perda de solo, que pode estar atribuído a problemas relacionados com a cobertura do solo.

Para análise da carta, foi utilizado o trabalho de Thompson et al. (2013), onde a classificação dos resultados da EUPS foi feita de modo a classificar as áreas de risco a erosão: valores entre 0 a 10 ton/h/ano correspondem a perdas muito baixas,

valores entre 10 e 20 ton/h/ano a perdas baixas, valores entre 20 e 50 ton/h/ano a valores de perdas médios e valores entre 50 e 100 ton/h/ano a valores altos.

Pode-se observar que no entorno do reservatório há mais tonalidade clara do que escura. Assim, as perdas que ocorrem bem próximas ao reservatório estão na faixa de 0 a 30 podendo ser consideradas como risco potencial de perdas muito baixas, perdas baixas e perdas médias de solo. Assim, pode-se dizer que os valores de perda pode estar relacionado com a grande quantidade de solo exposto nesta área. Recomenda-se que este fator deva ser controlado a fim de se evitar um carreamento de sedimentos para o interior do reservatório.

É importante ressaltar que os valores mais altos estão a uma distância maior da região de estudo, podendo não influenciar diretamente o processo de assoreamento do reservatório a curto prazo. Porém, é importante salientar que a grande quantidade de solo carregado para áreas mais próximas as áreas ribeirinhas devido ao ciclo de plantação, por ser uma região agrícola em sua extensão, deve ser levado em consideração para que sejam realizadas ações de prevenção nas áreas susceptíveis a grande potencial de erosão.

Desta forma, o mais indicado nesta região seria analisar a vegetação de entorno com a recuperação da vegetação ribeirinha e iniciar um programa de manejo de solo adequado para as áreas de grande risco associadas a agricultura com a finalidade de evitar o assoreamento do reservatório a médio e longo prazo.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho possui como principais conclusões:

- A curva de permanência é uma ferramenta importante para determinação da frequência e da confiabilidade de fornecimento de energia elétrica de uma usina hidrelétrica;
- A curva de distribuição de frequências acumuladas permite prever o comportamento da vazão em períodos contínuos de tempo para intervenções e controle do sistema de reservação de água;
- Os dados de qualidade de água analisados permitem concluir que o sistema hídrico do reservatório de Jurumirim atende ao enquadramento classe II da Resolução nº 357 do Conama, desta forma pode-se dizer que a água do reservatório pode ser utilizada para abastecimento humano após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, utilização para irrigação e lazer;
- A instalação da usina hidrelétrica não modificou a qualidade de água segundo o enquadramento estipulado para um rio de classe II;
- A carta de risco de perda de solo é uma ferramenta útil para localizar as áreas que são mais susceptíveis à erosão e com essa informação traçar planos de remediação para as áreas de grande potencial à erosão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Enquadramento**. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/PlanejamentoRH_enquadramento.aspx>
Acesso em: 05 maio 2015.

_____. Avaliação de Qualidade: introdução. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/avaliacao.aspx>>
Acesso em: 01 jul. 2017.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Energia Hidráulica**, 2003. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_hidraulica/4_6.htm>
Acesso em: 10 nov. 2014.

_____. **Atlas de energia elétrica do Brasil**, 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap3.pdf>
Acesso em: 20 set. 2016.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA; ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Resolução conjunta nº 3 de 10 de agosto de 2010. Estabelece as condições e os procedimentos a serem observados pelos concessionários e autorizados de geração de energia hidrelétrica para a instalação, operação e manutenção de estações hidrométricas visando ao monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico, sedimento métrico e de qualidade da água associado a aproveitamentos hidrelétricos, e dar outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 2010.

BARBOSA JUNIOR, A. R.. **Capítulo 8: Permanência de vazão**, 2017. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/8_permanencia%20de%20vazao.pdf>
Acesso em: 20 maio 2017.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 006 de 16 de setembro de 1987. Considera que sejam editadas regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente aquelas nas quais a União tenha interesse relevante como a geração de energia elétrica, no intuito de harmonizar conceitos e linguagem entre os diversos intervenientes no processo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. 1987.

_____. Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.

Diário Oficial da União, Brasília, DF. 2001.

_____. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Diário Oficial da União, Brasília, DF. 2005.

BREDA, L. de S. **Avaliação Espaço – Temporal da Qualidade da Água do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Funil – Região Sul de Minas Gerais** (dissertação) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte- MG, 2011.

BRONZATTI, F. L.; IAROSINSKI NETO, A. **Matrizes Energéticas no Brasil: cenário 2010-2030**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:
< http://fans.edu.br/home/wp-content/uploads/2015/06/texto_matrizes_energeticas_brasil_cenario_2010.2030.pdf>
Acesso em: 20 mar. 2017.

CASSIOLATO, C.; ALVES, E. O. **Medição de vazão**. Disponível em:
<<http://www.profibus.org.br/images/arquivo/pdf-2-543ec3eeb4df5.pdf>>
Acesso em: 18 set. 2016.

CÂMARA, G. et al. **Técnicas de Inferência geográfica**. 2011. Disponível em:
<<http://www.ecologia.ib.usp.br/lepac/bie5759/cap9-inferencia.pdf>>.
Acesso em: 10 set. 2016.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. INTRODUÇÃO. In: **Introdução à ciência da geoinformação**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos - SP, 2001.

COLLISCHONN, W.; PAIVA, R. C. D. de; MEIRELLES, F. S. C.; SCHETINI, E. B. C.; FAN, F. M. Modelagem hidrológica de uma bacia com uso intensivo de água: caso do Rio Quaraí-RS. RBRH, v.16, n.4, p. 119-133, out/dez, 2011.

COSTA, A. S. et al. **Regionalização de curvas de permanência de vazão de regiões hidrográficas do Estado do Pará**. Revista Brasileira de Meteorologia, Belém, v. 27, n. 4, p.413-422, dez. 2012.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M.. **Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, n.1, p. 111-124, 2008. Disponível em:

<

https://www.researchgate.net/profile/Jussara_Cruz/publication/242696286_Estimativa_da_Disponibilidade_Hidrica_Atraves_da_Curva_de_Permanencia/links/584def9708ae4bc899331480/Estimativa-da-Disponibilidade-Hidrica-Atraves-da-Curva-de-Permanencia.pdf>

Acesso em: 01 mai. 2017.

DESMET, P.J.J.; GOVERS, G. **A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units**. Journal of Soil and Water Conservation. v. 51, n.5. 1996.

DOMINGOS, J. L. **Estimativa de perda de solo por erosão hídrica em uma bacia hidrográfica**. (monografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

DUKE ENERGY. Memória Duke, 2015 . Disponível em:

<<http://www.memoriaparanapanema.com.br/Usinas.aspx?menu=7&usina=2>>

Acesso em: 20 maio 2015

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S. de; CANIL, K.; SOUZA, M. D. de; GOMES, M. A. F. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**, Jaguariúna, 2011. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53751/1/Circular22.pdf>>

Acesso em: 18 maio 2015

FITZ, Paulo R. **Geoprocessamento sem Complicação**. Ed: Oficina de Textos. São Paulo, 2008.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. São Paulo, SP: Ed. Blucher, 1988. 2ed.

GENZ, F. **Avaliação dos Efeitos da Barragem Pedra do Cavalo sobre a Circulação Estuarina do Rio Paraguaçu e Baía de Iguape** (tese de doutorado) – Universidade Federal da Bahia, Bahia – BA, 2006.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia e meio ambiente no Brasil**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 21, n. 59, p.7-20, 2007. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142007000100003>>

Acesso em: 10 abr. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pedologia do Brasil**, 2017. Disponível em:
<http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>
Acesso em: 01 maio 2017

INDE – Infraestrutura Nacional de Dado Espaciais. **Mapa Temático: solos do Brasil**. Disponível em:
<<http://visualizador.inde.gov.br/VizualizaCamada/31/?posicao=51.090759277354,-24.500057221056,-43.664001464854,-22.327630058067&zoom=8>>
Acesso em: 01 maio 2017.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisa Espacial. **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil**, 2017. Disponível em:
<<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>>
Acesso em: 20 abr. 2017.

KUNTSCHIK, G.; FORMAGGIO, A. R.; GLERIANI, J. M. **Cuantificacion de perdida de suelo por erosion hídrica em la cuenca del Ribeirão das Araras (SP, Brasil) em ambiente SIG, usando imagenes TM. Resultados Preliminares**. *Simpósio Latinoamericano de Percepción remota*, Puerto Vallarta – México, 1995.

MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. de P. e; MORETI, D.; MEDEIROS, L. da R. **Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo**. *Acta Scientiarum*. Maringá v. 24. n. 5. p. 1335-1340, 2002.

MARINHO FILHO, G. M. **Avaliação do potencial natural de erosão na bacia hidrográfica do Rio Formoso através da aplicação da equação universal de perda de solo**. Dissertação mestrado. Palmas, 2014.

MÉLLO JUNIOR, A. V.; BONECARRERE, J. **Aula 12: curva de permanência**. Universidade de São Paulo, 2017.

MIRANDA, R. L.. **Regulação técnica para se obter melhor eficiência na motorização de pequenas centrais hidrelétricas no Brasil**. (dissertação) – Universidade Salvador, Salvador- BA, 2009.

MORAES, E. C. de. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos – SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2002.

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Landsat 8 overview**. 2015. Disponível em:
< http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=7195>.
Acesso em: 18 mai. 2015.

NOVO, Evelyn M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo – SP: Ed. Blucher, 2008.

PEREIRA, Régis da Silva. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista eletrônica de Recursos Hídricos. IPH – UFRGS. v. 1. n. 1. p. 20-36, 2004.

PINTO, Nelson L de Souza et al. **Hidrologia básica**. 12. ed. São Paulo: Blucher, 1976. 278 p., 2005

PIVELI, Roque Passos. **Curso: “Qualidade das águas e Poluição – aspectos físico-químicos”**, 2017. Disponível em:
< file:///C:/Users/usuario/Downloads/Fasc%C3%ADculo%2010%20-%20Oxig%C3%AAnio%20Dissolvido%20e%20Mat%C3%A9ria%20Org%C3%A2nica.pdf>
Acesso em: 16 jun. 2017

POLETO, Cristiano, et al. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Rio de Janeiro – RJ: Ed. Interciência. 1ed. 2014.

PORTO, Rubem La Laina, ZAHED FILHO, Kamel, SILVA, Ricardo Martins. **Hidrologia Aplicada: Medição de vazão e curva-chave**. 2001. Disponível em:
< file:///C:/Users/usuario/Downloads/apostila_mv_cv.pdf>
Acesso: 03 out. 2016.

REBOUÇAS, Aldo da C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3ed – Escrituras Editora: São Paulo. 2006.

RIBEIRO, Rômulo José da Costa; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello; BIAS, Edilson de Souza. **Comparação dos métodos de classificação supervisionada de imagem Máxima Verossimilhança e Redes Neurais em ambiente urbano**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. p. 5471-5478. INPE. Florianópolis, 2007.

ROQUE, C. G.; CARVALHO, M. P.; PRADO, R. M.. **Fator erosividade da chuva e Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva.** Ver. Bras. Ci. Solo. 2001. P 147 – 156.

SILVA, Ana Elisa Pereira; ANGELIS, Carlos Frederico; MACHADO, Luiz Augusto Toledo; WAICHAMAN, Andrea Viviana. **Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus.** Acta Amazonica, v.38, n. 4, p.733-742, out/dez. 2008.

SILVA, A. P. de S.; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. **Qualidade da água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais.** Revista Árvore, v.33, n.6, p. 1063-1069. 2009.

SIEFERT, C. A. C.; SANTOS, I. dos. Identificação de áreas hidrologicamente sensíveis por meio de modelagem hidrológica e da distribuição espacial de solos e vegetação em ambientes hidromórficos. Soc. Nat. Uberlândia, v.27, n. 1, jan./abr. 2015.

SOUZA, J. A. de; GOMES I.; VIEIRA, E. M.; MACHADO, M. L.; SIMÃO, M. L. R. **Obtenção do fator P (que considera as práticas conservacionistas adotadas) da equação universal de perda de solo (EUPS) na Bacia PN1/IGAM.** Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica, 7., Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/artigo34-10.pdf>
Acesso em: 01 mai. 2017.

SOUZA, V. de; GASPARETTO, N. V. L. **Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) na Bacia do Córrego Pinhalzinho Segundo, Noroeste do Paraná.** Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.13, n. 3, p. 267-278, jul./set. 2012.

TOMAZ, P. **Capítulo 23: RUSLE – Equação revisada universal da perda de solo.** Curso de Manejo de águas pluviais, 2008. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo23_rusle.pdf>
Acesso em: 18 mai. 2015.

TOMPSON, D.; FIDALGO, E. C. C. **Estimativa da perda de solos por meio da equação universal de perdas de solos (USLE) com uso do INVEST para a bacia hidrográfica do Rio Guapi- Macacu – RJ.** Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos RS. 2013.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação.** 4 Ed. Porto Alegre – RS: UFRS Editora, 2009.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 631 – 632, 2008.

VIEIRA, V. F. **Estimativas de perda de solo por erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica**. Ver. Geografia, Londrina – PR. V.17, n.1, jan/jun, 2008.

VOGUEL, R. M.; FENNESSEY, N. M. **Flow- duration curves I: New interpretation and confidence intervals**, 1994.