



**XXIII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GIA/05
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – XI

GRUPO DE ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS - GIA

EFICIÊNCIA DOS PROJETOS DE REFLORESTAMENTO DE MATAS CILIARES NO CONTROLE DOS PROCESSOS EROSIVOS NO ENTORNO DE RESERVATÓRIOS: O CASO DO RESERVATÓRIO VOLTA GRANDE (SP/MG).

Mariangela Garcia Praça Leite*
UFOP*

Luciana Rodrigues Ramos de Oliveira
UFOP

Paola de Oliveira Silva
UFOP

RESUMO

No reservatório de Volta Grande, dentre os processos erosivos, predominam a erosão laminar e a erosão por ondas. Para se avaliar a eficiência dos projetos de reflorestamento, foram escolhidas seis áreas para monitoramento da erosão laminar (solo exposto, plantio de cana, área de mata nativa, duas matas ciliares com mais de 20 anos de reflorestamento e uma com 10) e quatro para monitoramento da erosão por ondas (áreas de pasto, mata nativa e dois reflorestamentos, um com mais de 20 anos e outro com 10). Os resultados mostraram a efetividade destes reflorestamentos na proteção das margens do reservatório.

PALAVRAS-CHAVE: Volta Grande, reservatório, erosão, ondas, reflorestamento.

1.0 – INTRODUÇÃO

O crescente aumento da densidade populacional mundial gera conseqüentemente um aumento da demanda de energia elétrica, o que implica na necessidade de se preservar e desenvolver qualquer forma e fonte de sua geração. Devido ao desmatamento e uso indevido das margens dos reservatórios, processos erosivos que carregam sedimentos para o interior destes corpos d'água vêm sendo intensificados, causando seu assoreamento (1). Tais processos ocasionam a redução do volume de água dos reservatórios, desregularização da vazão do curso d'água, redução de sua vida útil e minimização do seu potencial de geração de energia (2; 3).

Os processos erosivos, modeladores do relevo terrestre, são eventos naturais que ocorrem ao longo do tempo geológico. Sabe-se, porém, que alguns terrenos são mais susceptíveis às ações erosivas, dependendo de suas características físicas e químicas. Essa propensão, no entanto, pode ser potencializada de acordo com o uso e ocupação do solo, em especial os que envolvem a retirada da vegetação nativa (4; 5). Tais processos erosivos quando ocorrem nas margens dos reservatórios de hidroelétricas aumentam o volume de material particulado carregado para seu interior, onde ocorre a deposição dos mesmos e conseqüentemente assoreamento, reduzindo seu volume útil, alterando a vazão regularizada, a capacidade de geração de energia elétrica e o atendimento a outros usos consuntivos ou não da água (6).

Em reservatórios largos e extensos, como no caso do reservatório Volta Grande, um processo erosivo frequente é a erosão das margens devido à ação de ondas (6). As ondas formadas em lagos e reservatórios, assim como as de mares e oceanos, são geradas por ventos, sendo sua amplitude e frequência determinadas pelo regime destes e o tamanho de seus espelhos d'água (7). Este tipo de processo erosivo promove um aumento da perda de solo, do transporte de sedimentos ao longo da margem e, conseqüentemente, do assoreamento do reservatório (6). Este incremento no transporte de sedimentos resulta no aumento da turbidez e do total de sólidos em suspensão, o que reduz a qualidade da água do reservatório.

Apesar de protegidas legalmente, as matas ciliares da maioria dos reservatórios de hidroelétricas, tanto no Brasil como no mundo, vêm enfrentando um contínuo processo de supressão (8). Segundo Peng et al. (5), dentre inúmeras vantagens, a manutenção ou recomposição da vegetação ciliar, preferencialmente desde o enchimento do reservatório, é importante fator de preservação das margens para o caso específico das erosões. O plantio de vegetação ciliar promove uma maior proteção do solo e a melhoria de suas características físico-químicas, permitindo que a área retome parte de seus serviços ambientais (9; 10).

*mgpleite@gmail.com

Neste contexto, o objetivo desta pesquisa foi o de quantificar a eficiência dos projetos de reflorestamento na redução da erosão laminar e por ondas de áreas marginais da UHE de Volta Grande. Para tal foi realizada a caracterização dos solos das áreas estudadas levando em consideração a permeabilidade, compactação, textura, química e mineralogia. Além disso, realizou-se também a quantificação do aporte lateral de sedimentos para o reservatório e dos efeitos das ondas sobre as margens do reservatório, submetidas a diferentes usos. Também se objetivou avaliar o potencial uso do capim elefante (*Pennisetum purpureum*) para a proteção das margens do reservatório contra a erosão por ondas.

2.0 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O reservatório de Volta Grande localiza-se na bacia hidrográfica do rio Grande, sub-bacia do rio Paraná, situado nos municípios de Conceição das Alagoas, Água Comprida e Uberaba (MG) e Miguelópolis, Aramina e Igarapava (SP), sudoeste do estado de Minas Gerais e oeste do estado de São Paulo. Trata-se de um reservatório com fio d'água, ou seja, gera energia com o próprio fluxo do rio através de sua vazão, sem armazenamento da água como em reservatórios de acumulação. A Usina Hidrelétrica de Volta Grande – CEMIG foi responsável, em 2012, pela geração de 25,7% da energia gerada no país.

Para o monitoramento da perda de solo pela erosão laminar, foram escolhidas 5 áreas de estudo no entorno do reservatório: mata nativa (Reserva da CEMIG); solo exposto; plantio de cana de açúcar; reflorestamento com 20 anos de plantio (Fazenda Noboro) e reflorestamento com 10 anos de plantio (Fazenda Santa Bárbara). No caso das ondas, foram definidas quatro diferentes áreas de estudo: pasto, reflorestamento com 20 anos (Fazenda Noboro), reflorestamento com 10 anos (Fazenda Santa Bárbara) e a mesma área de mata nativa.

2.2. Parcelas e pluviômetros

Uma vez definidas as áreas de estudo, foram construídas, a meia encosta, 3 parcelas em cada área. Para a construção das parcelas, foi utilizada a metodologia sugerida por Guerra e Oliveira (11), que consiste na implantação de parcelas de 1m de largura x 10m de comprimento (10m²), isoladas com tábuas de madeira, para coleta da água do escoamento superficial (runoff) e do material erodido (Figura 1). A captação do material foi feita por uma calha de PVC de 150mm, coberta por uma telha de acrílico, ligada por meio de uma mangueira a uma caixa d'água de 120L, devidamente enterrada no solo. Todas as parcelas tiveram sua topografia determinada com um nível automático (CST/BERGER- SAL32X).



FIGURA 1 – Detalhe das parcelas instaladas

Além das parcelas, foram instalados, nas laterais das parcelas, pluviômetros artesanais feitos com galões ligados a um funil através de uma mangueira. O intuito foi quantificar o volume real de chuva que transpassa a copa das árvores e alcança o solo (*throughfall*).



FIGURA 2 – Detalhe do pluviômetro

2.3. Amostragens

Paralelamente às parcelas, em uma trincheira de 0,5mx1mx1m, foram coletadas amostras deformadas sequenciadas do solo, representativas de cada 10 cm de profundidade, num total de 8 amostras por trincheira, para análises granulométricas, mineralógicas (espectômetro de difração de raios-X, Rigaku –Rotaflex RU 200Z), a quantificação dos teores de matéria orgânica e umidade higroscópica e determinada a estabilidade de agregados.

2.4. Medições e ensaios *in situ*

Em campo foram realizados ainda ensaios de permeabilidade (Permeâmetro Guelph) e medido o grau de compactação dos solos (Penetrômetro FALKER, modelo PLG1020).

2.5. Monitoramento da erosão laminar

Entre julho de 2013 e julho de 2014, foram realizadas mensalmente as coletas dos sedimentos carreados e acumulados nas calhas e caixas de água e mensurada a água recolhida pelos pluviômetros.

2.6. Identificação das feições erosivas e técnicas de contenção

Além das áreas escolhidas para monitoramento, os demais pontos de erosão e técnicas de contenção existentes no reservatório foram identificados, fotografados e georreferenciados.

2.7. Levantamento topográfico

Nas quatro áreas escolhidas foram realizados levantamentos topográficos em linhas paralelas de 25 em 25 m, perpendiculares à linha de costa do reservatório. Cada linha teve sua declividade e batimetria medidas com um nível automático (CST/BERGER-SAL32X).

2.8. Monitoramento das ondas e ventos

Mensalmente foram monitorados o período e altura das ondas, a velocidade dos ventos (anemômetro Instrutemp) e direção de ambos (bússola Brunton). Também foram medidas a turbidez (turbidímetro DM-TU) e a concentração de sólidos em suspensão (filtragem), análises realizadas em laboratório a partir da água coletada nas linhas de 0, 200 e 400 m.

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Pluviosidade

Os dados pluviométricos da estação Volta Grande mostraram uma média anual de 1212,4mm anuais, nos últimos 40 anos, porém no período monitorado este total foi de apenas 1091mm. Os pluviômetros de campo registraram o período chuvoso concentrado entre novembro e fevereiro. (figura 1), com 59% do total da precipitação total anual. Os pluviômetros de campo registraram uma retenção, pela copa das árvores, de até 40%.

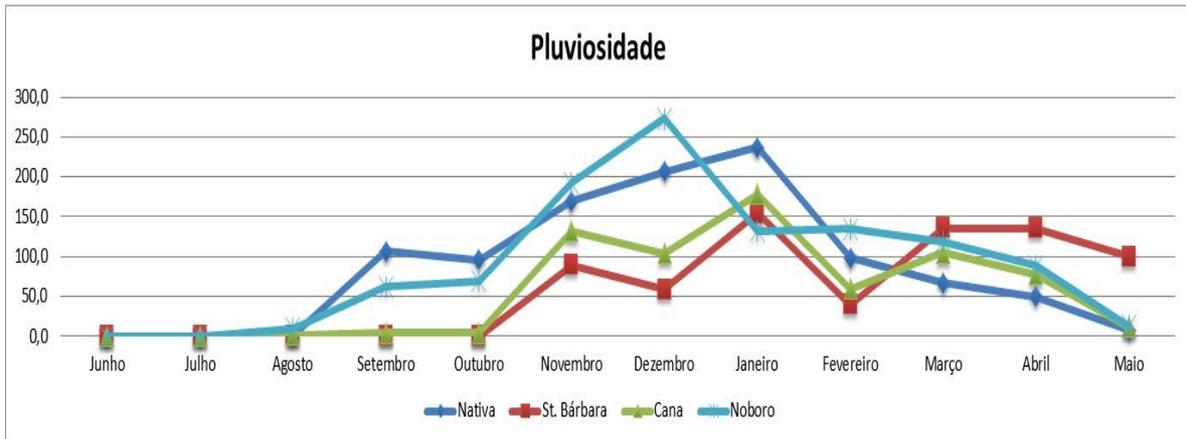


FIGURA 3- Pluviosidade mensal registrada nas áreas monitoradas

3.2. Erosão laminar

A declividade das parcelas variou entre 2,5 e 5°, caracterizando áreas relativamente planas. Os solos encontrados podem ser classificados como latossolos vermelho-escuro, derivados da alteração dos basaltos da Formação Serra Geral. Trata-se de solos francamente arenosos (Figura 4), a exceção da área de Mata Nativa, que apresenta substrato cascalhoso, evidenciando uma forte influência fluvial, hipótese corroborada pela grande presença de seixos quartzos nesta área. As demais áreas apresentam solos compostos por kaolinita, gibbsita e hematita, caracterizando solos ricos em Fe e Al (Figura 5).

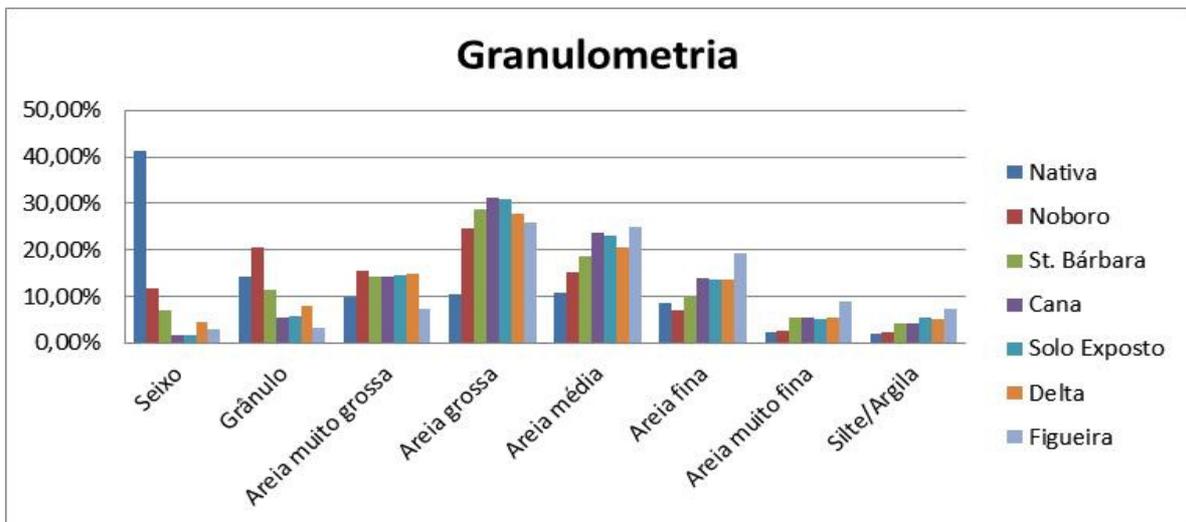


FIGURA 4- Granulometria dos solos das parcelas

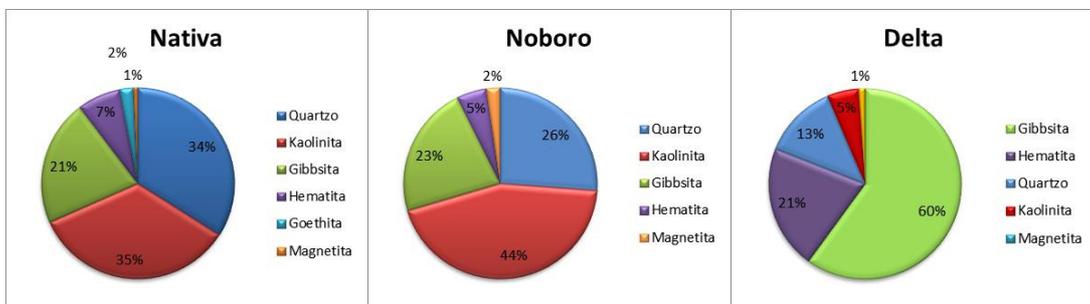


FIGURA 5- Composição mineralógica de algumas das áreas estudadas

Os menores valores de umidade (cerca de 15% menores) e do teor matéria orgânica (cerca de 10% menores) foram obtidos para as áreas de cana e solo exposto, que também apresentaram os maiores valores de resistência à penetração (cerca de 40% maiores), reflexo do maior estado de degradação destas áreas.

A produção de sedimentos nas áreas reflorestadas foi muito semelhante à encontrada na área com Mata Nativa e cerca de 600% menor que nas parcelas de solo exposto, obtidas no período chuvoso (Figura 6).

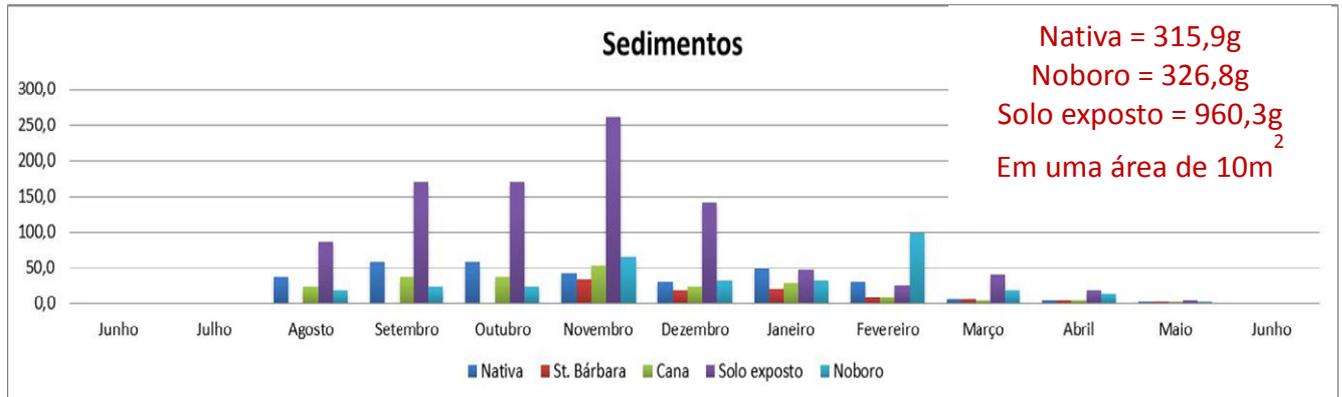


FIGURA 6- Produção de sedimentos mensal registrada nas áreas monitoradas

3.3. Erosão por ondas

Foram verificados em dezembro de 2014 cerca de 100 pontos com feições erosivas e com projetos de contenção. A classificação visual da intensidade dos processos erosivos mostrou que em margens sem proteção de mata ciliar (22 K 48° 12' 10,97" W e 20° 1' 50,20" S - Figura 7a) foram verificadas feições erosivas mais acentuadas quando comparadas com regiões com mata ciliar (22 K 48°13'16,73" W e 20°2'34,59" S – Figura7b).

Com os levantamentos topográficos foi possível se constatar um recuo da linha da água, resultado da redução no nível de água no reservatório devido à baixa precipitação registrada nos últimos 18 meses. Apesar disso, na área de pasto houve um recuo da margem devido à queda de talude, de mais de 30cm (Figura 8), provocado pela ação das ondas. Nas áreas reflorestadas e na mata nativa, a erosão não foi significativa.



FIGURA 7: vista da erosão por ondas a) área desmatada e b) área com mata ciliar preservada.



FIGURA 8: Detalhe da queda de talude na área de pasto, devido à ação de ondas.

Observou-se através da batimetria que as praias da mata nativa e da Fazenda Noboro podem ser classificadas como reflexivas, com as ondas quebrando mais próximas às margens; enquanto as do pasto e Fazenda St. Bárbara foram classificadas como dissipativas, com as ondas quebrando mais afastadas das margens e, assim, perdendo energia. Apesar das áreas de mata nativa e da Fazenda Noboro apresentarem praias mais íngremes

(teoricamente mais propensas a processos erosivos por ondas), estas apresentam feições erosivas menos intensas, representadas por degraus menos íngremes bem como pela ausência dos mesmos, resultado da proteção das margens pela mata ciliar. Já na área da Fazenda St. Bárbara, única com plantio de capim elefante (*Pennisetum purpureum*), ficou evidenciada a eficiência deste na proteção das margens. Linhas que apresentavam tal forma de contenção apresentavam margens mais avançadas, enquanto que nas linhas sem capim o avanço da erosão foi maior, 12,0% ou 62 cm de dezembro de 2013 a agosto de 2014.

Nas águas da Fazenda St. Bárbara e pasto foram encontrados os maiores valores de turbidez, 89,77 e 22,4 NTU respectivamente, demonstrando o carreamento mais intenso de sedimentos para o reservatório. As áreas da mata nativa e da Fazenda Noboro apresentaram respectivamente 5,26 e 7,93 NTU. Obteve-se na Fazenda St. Bárbara o maior valor para a concentração de sólidos em suspensão, 94,83 mg/L, seguida pelo pasto (11,67 mg/L), Fazenda Noboro (3,39 mg/L) e mata nativa (1,94 mg/L), evidenciando uma relação direta entre a turbidez e os sólidos totais suspensos.

A direção predominante dos ventos nas de mata nativa e pasto foi SE-NW, enquanto na Fazenda Noboro e Fazenda St. Bárbara predominou a direção SW-NE. Os ventos mais intensos foram monitorados áreas da mata nativa e pasto, atingindo médias de 6,8 e 6,7 km/h, respectivamente. As áreas da Fazenda St. Bárbara e pasto foram as que apresentaram os maiores períodos de ondas, 13,01 e 12,84s respectivamente, e também apresentaram as maiores alturas médias de ondas, 5,14 e 5,74 cm, evidenciando seu maior potencial erosivo.

4.0 CONCLUSÕES:

Os reflorestamentos melhoraram a cobertura vegetal e as condições dos solos das áreas monitoradas, o que propiciou a proteção efetiva deste à erosão laminar, em especial no reflorestamento mais antigo (20 anos de plantio - Fazenda Noboro).

Os resultados obtidos demonstraram a eficiência da vegetação na proteção das margens de reservatórios contra o embate erosivo de ondas, evidenciando a importância dos projetos de revegetação de matas ciliares a fim de se combater o assoreamento destes corpos d'água. Foi constatada também a eficiência do plantio de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) nas margens como forma de contenção da erosão por ondas.

5.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- (1) VILMUNDARDÓTTIR, OK, MAGNÚSSONA, B, GÍSLADÓTTIR, G AND THORSTEINSSON, TH. 2010. Shoreline erosion and aeolian deposition along a recently formed hydro-electric reservoir, Blöndulón, Iceland, *Geomorphology* 114 542–555.
- (2) REID, J, SANDBERG, BS and MILLSOP, MD. 1988. Bank recession processes, rates, and prediction, Lake Sakakawea, North Dakota, USA. *Geomorphology*, vol. 1, p. 161-189.
- (3) CABRAL, JBP. 2006. Análise da sedimentação e aplicação de métodos de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no Reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG. Curitiba, Univ. Federal do Paraná. 210p. Tese em Geologia.
- (4) NEW, T, AND XIE, Z. 2008. Impacts of large dams on riparian vegetation: applying global experience to the case of China's Three Gorges Dam. *Biodivers. Conserv.*, ol. 17 (13), p. 3149–3163.
- (5) PENG, C, ZHANG, L, QINA, H AND LI, D. 2014. Revegetation in the water level fluctuation zone of a reservoir: An ideal measure to reduce the input of nutrients and sediment. *Ecological Engineering*, vol. 71, p. 574–577.
- (6) CARVALHO, NO. 2008. Hidrossedimentologia Prática.
- (7) IMBODEN, DM. 2003. The motion of lake waters. In: *The Lakes Handbook: Limnology and Limnetic Ecology*, vol. 1, p. 115-152;
- (8) MALLIK, AU AND RICHARDSON, JS. 2009. Riparian vegetation change in upstream and downstream reaches of three temperate rivers dammed for hydroelectric generation in British Columbia Canada. *Ecol. Eng.* 35 (5), 810–819.
- (9) CLERICIA, N, PARACCHINIA, ML AND MAESA, J. 2014. Land-cover change dynamics and insights into ecosystem services in European stream riparian zones. *Ecology & Hydrobiology*, Vol. 14 (2), p. 107–120
- (10) GRAYA, CL AND LEWISA, OT. 2014. Do riparian forest fragments provide ecosystem services or disservices in surrounding oil palm plantations? *Basic and Applied Ecology*, Available online 7 October 2014.
- (11) GUERRA A. J. T. & OLIVEIRA M. C. 1995. A influência dos diferentes tratamentos do solo, na seletividade do transporte de sedimentos; um estudo comparativo entre duas estações experimentais. In: *Congresso Brasileiro de Ciências do solo*, 25, Viçosa. Anais... Viçosa, p. 455-458.

6.0 DADOS BIOGRÁFICOS

Mariangela Garcia Praça Leite

Nascida no Rio de Janeiro/RJ – 11/07/1965

Graduada em Geologia - 1983 – Universidade Federal do Rio de Janeiro; Mestrado em Sedimentologia – 1990 - Universidade Federal de Ouro Preto; Doutorado em Engenharia Civil – 2001 – COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Professora Associada da Universidade Federal de Ouro Preto – Departamento de Geologia.

Foi Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Meio Ambiente e do Mestrado Profissional em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental

Publicou 29 artigos científicos em periódicos indexados, 1 capítulo de livro, 135 trabalho em congressos

Orientou 2 teses de doutorado, 20 mestrados e 46 alunos de graduação

Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia Ambiental e Bacias Hidrográficas, atuando principalmente nos seguintes temas: análise ambiental, recuperação ambiental e erosão.

Luciana Rodrigues Ramos de Oliveira

Nascida em Belo Horizonte/MG – 14/05/1985

Graduada em Geografia (Licenciatura e Bacharelado) - 2009 – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. É atualmente mestranda do Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Meio Ambiente.

Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia Ambiental e erosão.

Paola de Oliveira Silva

Nascida em Contagem/MG – 26/06/1989

Graduada em Engenharia Ambiental - 2014 – Universidade Federal de Ouro Preto. É atualmente mestranda do Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Meio Ambiente.

Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia Ambiental e erosão.