

**Índice de avermelhamento, densidade e umidade do solo em áreas de borda em remanescentes florestais sob influência antrópica.**

*Redness index, soil density and moisture in edge areas in forest remnants under anthropic influence*

*Índice de enrojecimiento, densidad del suelo y humedad en las áreas de borde en los remanentes de bosque bajo influencia antrópica*

**Gabrielle Stevanato da Silva**

Graduando, PUC, Brasil.  
stevanatogabrielle@gmail.com

**Regina Márcia Longo**

Profa. Dra. do programa de mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana e Sustentabilidade da PUC-Campinas  
regina.longo@puc-campinas.edu.br

## RESUMO

O presente trabalho foi realizado na área de relevante interesse ecológico Mata de Santa Genebra em Campinas, interior de São Paulo. A área está localizada em uma região com elevados interferentes antrópicos. O objetivo do trabalho foi analisar o índice de avermelhamento, densidade do solo e umidade como indicadores de degradação ambiental, associando conhecimentos teóricos, atividades em campo e coleta de amostras do solo, análises laboratoriais e crítica dos resultados utilizando métodos estatísticos. Para a realização das análises com o solo coletado no remanescente foi utilizado o manual de métodos de análise do solo da EMBRAPA. Os resultados obtidos apontaram que a área sofre influência externa das atividades desenvolvidas no entorno de sua borda. As áreas que apresentaram, de acordo com os resultados obtidos nas análises, a maior influência das atividades realizadas no entorno do fragmento foram as que fazem interface com a área compactada e com a estrada por apresentarem baixa umidade e densidade do solo quando comparadas ao interior da mata, devido a compactação do solo decorrente do tráfego excessivo na área.

**PALAVRAS-CHAVE:** Remanescente florestal, solo, degradação, compactação.

## ABSTRACT

*This work was carried out in the area of relevant ecological interest Mata de Santa Genebra in Campinas, São Paulo State. The area is located in a region with high anthropic interference. The objective of the work was to analyze the redness index, soil density and humidity as indicators of environmental degradation, associating theoretical knowledge, field activities and soil sampling, laboratory analysis and critical analysis of results using statistical methods. To perform the analyses with the soil collected in the remaining was used the manual of soil analysis methods of EMBRAPA. The results obtained showed that the area suffers external influence from the activities developed around its edge. The areas that presented, according to the results obtained in the analysis, the greatest influence of the activities carried out around the fragment were those that interface with the compacted area and with the road because they present low humidity and soil density when compared to the interior of the forest, due to soil compaction resulting from excessive traffic in the area.*

**KEY WORDS:** Remaining forest, soil, degradation, compaction.

## RESUMEN

*Este trabajo se llevó a cabo en el área de interés ecológico relevante Mata de Santa Genebra en Campinas, Estado de São Paulo. La zona está situada en una región con una alta interferencia antrópica. El objetivo del trabajo fue analizar el índice de rojez, la densidad del suelo y la humedad como indicadores de degradación ambiental, asociando los conocimientos teóricos, las actividades sobre el terreno y el muestreo del suelo, el análisis de laboratorio y el análisis crítico de los resultados mediante métodos estadísticos. Para realizar los análisis con el suelo recogido en el resto se utilizó el manual de métodos de análisis de suelos de EMBRAPA. Los resultados obtenidos mostraron que la zona sufre la influencia externa de las actividades desarrolladas alrededor de su borde. Las áreas que presentaron, según los resultados obtenidos en el análisis, la mayor influencia de las actividades realizadas alrededor del fragmento fueron las que interactúan con el área compactada y con la carretera porque presentan una baja humedad y densidad de suelo en comparación con el interior del bosque, debido a la compactación del suelo por el excesivo tráfico en la zona.*

**PALABRAS CLAVE:** Bosque remanente, suelo, degradación, compactación.

## 1. INTRODUÇÃO

No estado de São Paulo, atualmente, restam poucos remanescentes florestais de grande proporção, na maioria das vezes protegidos na forma de Unidades de Conservação, inseridos numa matriz produtiva extremamente alterada pela ação antrópica e pulverizada com pequenos remanescentes, comumente muito degradados. Esse processo de fragmentação florestal acarreta em graves consequências para o ambiente, os principais são a perda da biodiversidade e o efeito de borda. A borda do fragmento florestal é a área por onde se inicia a maior parte dos processos físicos e biológicos ligados à fragmentação. Entre os impactos negativos desse processo, cita-se o aumento das plantas invasoras que abafa outras espécies vegetais de importância para a configuração e longevidade do fragmento (GREGGIO; PISSARRA; RODRIGUES, 2009).

Dentre as consequências induzidas pelas perturbações em bordas está a alteração do padrão de produção e estoque de serrapilheira, em decorrência do aumento da mortalidade de árvores, queda de folhas e ramos e a eliminação de espécies nativas tolerantes à sombra (LAURANCE et al., 1998; FAHRIG, 2003). De forma semelhante, as populações de organismos do solo também apresentam alta sensibilidade a alterações do meio e ao estresse ambiental, características importantes para sua aplicação como indicadores biológicos da qualidade do solo (SANTOS. et al, 2013).

Esses fatores contribuem para a degradação do solo, ocasionando várias consequências como a compactação do solo, encrustamento, baixa capacidade de infiltração de águas, problemas relacionados à aeração, erosão acelerada, perda de fertilidade natural, alterações nas populações microbiológicas do solo e o aumento das plantas invasoras que abafam outras espécies vegetais de importância para a configuração e longevidade do fragmento (CISOTTO, 2009).

## 2. OBJETIVO

O presente trabalho visa contribuir na discussão da qualidade de solos em ambientes florestados localizados em área urbanas e que sofrem influências direta de diferentes formas de uso e ocupação de seu entorno, principalmente em suas áreas de borda. Para tanto foram realizadas análises da densidade do solo, umidade e índice de avermelhamento com o objetivo de estudo da degradação ambiental em áreas de borda da Mata Santa Genebra, localizado no município de Campinas-SP, assim colaborando com a sua preservação.

## 3. METODOLOGIA

A Mata Santa Genebra ocupa uma área de 2.517.759 m<sup>2</sup>, sobre latossolo predominantemente, com topografia levemente ondulada e contendo três nascentes. O clima caracteriza-se como quente úmido, com inverno seco e verão quente e chuvoso, sendo que a temperatura média do mês mais quente encontra-se acima de 22 °C e a do mês mais frio, abaixo de 18 °C. A formação florestal dominante da Reserva Municipal de Santa Genebra ocorre sobre um relevo suavemente ondulado, sendo que as áreas ocupadas por floresta estacional semidecidual (VELOSO et al. 1991) situam-se sobre regiões de cotas altimétricas mais elevadas e ocupam 85% da reserva (MORELLATO; LEITÃO FILHO, 1995).

No interior da floresta são encontradas clareiras, de diferentes idades e tamanhos, originadas tanto da extração seletiva de madeiras nobres, quanto do corte raso para aproveitamento de lenha em alguns trechos restritos (MORELLATO; LEITÃO FILHO, 1995). A reserva encontra-se inserida em uma matriz agrícola, como é possível observar na Figura 1, cuja principal atividade é o cultivo de cana-de-açúcar (GUARANTINI M. T. et al, 2008).

Figura 1 : Vista de satélite da Mata de Santa Genebra (-22.824070,-47.104556)



Fonte: Google Earth, 2018

Para a coleta de dados foram instaladas no remanescente florestal parcelas fixas de monitoramento nas interfaces com diferentes usos e ocupação. Foram implantadas 3 parcelas por tratamento (R1, R2 e R3), que puderam ser utilizadas para obtenção dos dados de forma contínua obtendo uma análise temporal de avaliação dos impactos do entorno.

No total foram 9 tratamentos compostos por 3 parcelas, totalizando 27 parcelas por período analisado:

- T0 = testemunha (interior da mata),
- T1= borda/interface compactada a 20 metros da borda;
- T2= borda/interface compactada a 40 metros da borda;
- T3= borda/interface estrada a 20 metros da borda;
- T4= borda/interface estrada a 40 metros da borda;
- T5= borda/interface rural a 20 metros da borda;
- T6= borda/interface rural a 40 metros da borda;
- T7= borda/interface urbana a 20 metros da borda;
- T8= borda/interface urbana a 40 metros da borda;

Em agosto de 2019 foi realizada a amostragem em campo em locais pré-estabelecida nas áreas de borda da mata. Para a retiradas de amostras foi necessária a limpeza do terreno; onde foram tomadas amostras deformadas e indeformadas de solo. Essas amostras foram coletadas com auxílio de um trado a profundidade de 0-0,20 m e anéis volumétricos metálicos, tendo a precaução de limpar a superfície dos locais escolhidos, removendo as serapilheiras e outros detritos (EMBRAPA, 1997). Para constituição das amostras compostas foram obtidas 3 amostras simples e misturadas em balde.

Após as coletas, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos de, aproximadamente, 2

kg de terra e posteriormente enviadas para o laboratório para preparação e análise de acordo com os procedimentos descritos em EMBRAPA (2005).

As análises físicas foram feitas no laboratório de mecânica do solo do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e Tecnologias – CEATEC do campus 1 da PUC-Campinas/SP. Os procedimentos que foram adotados estão descritos de forma simplificada a seguir:

A determinação da densidade aparente da solo parte do princípio da coleta de amostras indeformadas através do auxílio de um anel de aço (Kopecky) de bordas cortantes e volume interno de 50cm<sup>3</sup>. Para o procedimento, primeiramente foi anotado o volume do anel utilizado que contenha a amostra, em seguida foi pesado o conjunto (anel + solo). Sequencialmente, foi levado na estufa a 105°C e, após 24 e 48 horas, retirado, resfriado e pesado (EMBRAPA, 1997). A densidade foi obtida através da seguinte fórmula:

$$\text{Densidade aparente } \left( \frac{g}{cm^3} \right) = \frac{a}{b}$$

Onde: a = peso da amostra seca a 105°C (g) e b = volume do anel (cm<sup>3</sup>)

A determinação da umidade atual representa o teor de umidade presente na amostra de solo, transportada em embalagem impermeável e vedada. Para o procedimento, a amostra será colocada em lata de alumínio numerada e de peso conhecido, será pesada e levada até a estufa a 105-110°C durante 24 horas. Depois será retirada da estufa, dessecada, resfriada e, por fim, pesada novamente (EMBRAPA, 1997). A umidade será obtida por meio da fórmula abaixo:

$$\text{Umidade gravimétrica} = 100 \times \frac{a - b}{b}$$

Onde: a = peso da amostra úmida (g) e b = peso da amostra seca (g)

A determinação da cor é efetuada no campo em amostras de solo úmido, empregando-se a carta de Munsell. A partir da avaliação de matiz, valor e croma, é calculado o índice de avermelhamento (IAV) (TORRENT; BARRÒN, 1993 *Apud* SANTANA et al., 2013):

$$\text{IAV} = \frac{(10 - M) \times C}{V}$$

Onde: M = matiz (7.5R = 0; 10R = 1; 2.5YR = 2; 5YR = 3; 7.5YR = 4; 10YR = 5; 25YR = 6; 2.5Y = 7); V = valor; C = croma.

## 4. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os valores da média, desvio padrão e coeficiente de variação para os resultados obtidos nas análises de densidade do solo (g/cm<sup>3</sup>), umidade (%) e Índice de avermelhamento nos diferentes tratamentos analisados.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos resultados de densidade do solo, umidade e índice de avermelhamento

Interface	Tratamento	Estatística descritiva	Densidade Solo (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade (%)	Índice de Avermelhamento
Testemunha	T0	média	0,72	20,67	10,33
		desvpad	0,26	0,43	0,64
		cv(%)	36,32	2,09	6,15
Compactada	T1 (20 m da borda)	média	0,87	14,76	9,3
		desvpad	0,14	0,13	0
		cv(%)	16,33	0,9	0
Compactada	T2 (40 m da borda)	média	0,84	15,27	9,33
		desvpad	0,21	1,53	1,35
		cv(%)	24,6	10,05	14,47
Estrada	T3 (20 m da borda)	média	0,74	16,96	10
		desvpad	0,05	3,12	1,73
		cv(%)	6,42	18,39	17,32
Estrada	T4 (40 m da borda)	média	0,89	19,57	9,67
		desvpad	0,23	4,79	2,08
		cv(%)	26,46	24,49	21,53
Rural	T5 (20 m da borda)	média	0,84	43,49	11,57
		desvpad	0,1	8,77	0,75
		cv(%)	11,72	20,17	6,49
Rural	T5 (40 m da borda)	média	0,57	62,85	9,6
		desvpad	0,12	10,35	0
		cv(%)	20,23	16,47	0
Urbano	T7 (20 m da borda)	média	0,97	19,36	10,33
		desvpad	0,27	2,02	0,64
		cv(%)	28,37	10,45	6,15
Urbano	T8 (40 m da borda)	média	0,9	18,49	7,33
		média	0,9	18,49	7,33
		cv(%)	12,52	11,52	7,87

A densidade do solo é caracterizada pela relação entre a quantidade de massa de uma amostra de solo seco por unidade de volume do mesmo, incluindo os espaços vazios. Dessa forma, quando há alterações do espaço poroso do solo, haverá alteração na densidade do solo. Como pode-se observar pela análise dos dados da Tabela 1 a densidade obteve resultados constantes, levando em consideração o coeficiente de variação. O CV pode ser usado para comparar e avaliar as variáveis, podendo-se observar que as variáveis que apresentam um CV baixo indicam uma pequena variação dos dados em relação a média, mostrando uma distribuição homogênea.

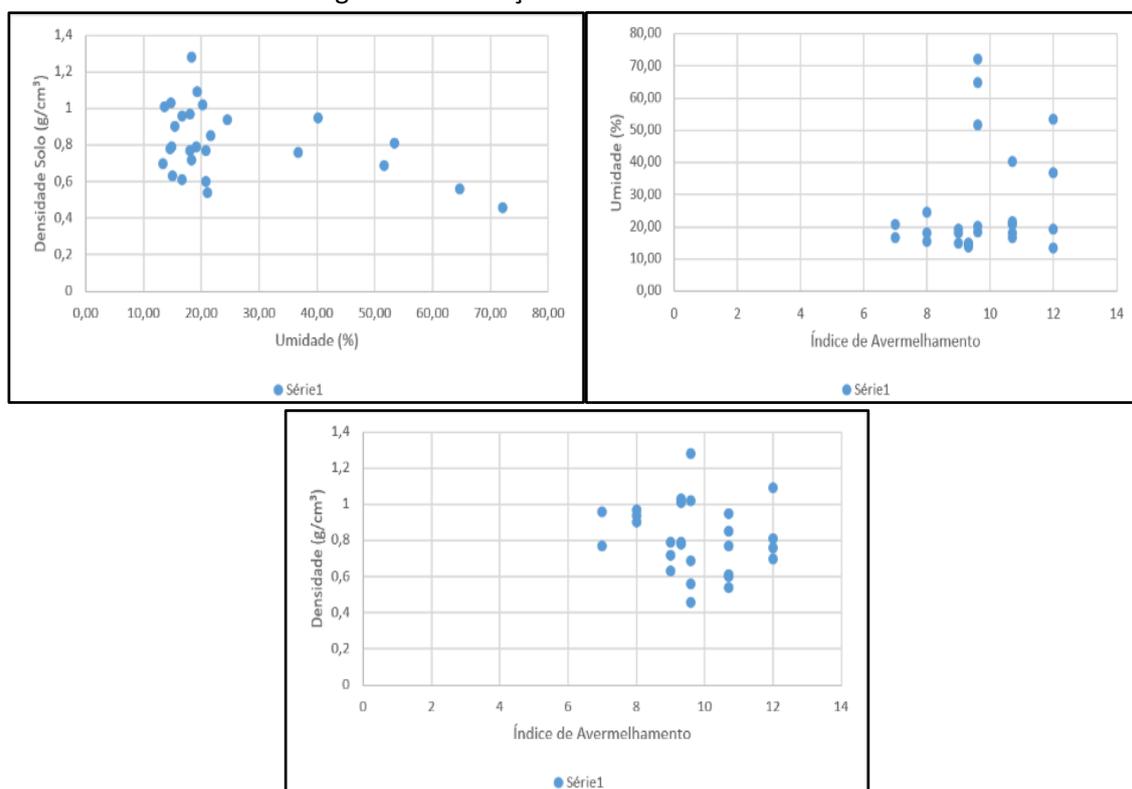
Observa-se com o auxílio da tabela 1 que a densidade analisada nas interfaces dos limites da

mata são maiores que o interior, indicando alguma vulnerabilidade a compactação. Segundo Beltrame e Taylor (1980), o tráfego excessivo realizado imoderadamente sob diferentes condições de umidade do solo é o principal responsável pela compactação. Podendo ser estas a passagem de veículos, máquinas e animais, pressões às quais essas interfaces estão submetidas, devido a modificações estruturais relacionadas à redução do espaço poroso e aumento da densidade.

Com o acúmulo de matéria orgânica pode haver alterações na predisposição à compactação, no entanto, a textura do solo e seus efeitos associados à retenção de água, coesão e densidade do solo determinarão a magnitude e o tipo de efeito (BRAIDA et al., 2010). A compactação decorrente da atividade agropecuária também pode causar modificações na retenção de água do solo, resultantes das alterações sofridas na distribuição do diâmetro de poros, principalmente redução da macroporosidade (FIGUEIREDO et al., 2009).

A partir dos resultados obtidos foi possível criar a correlação entre os mesmos, conforme mostra a Figura 2. Com isso, pode se observar que a densidade do solo e umidade se correlacionam negativamente, ou seja, com uma maior umidade tem como resultado uma menor densidade, e positivamente entre umidade e índice de avermelhamento. Contudo, a cor do solo tende a ficar mais escura à medida que a concentração de matéria orgânica aumenta gerando uma proporcionalidade possível de ser calculada, onde esses solos escuros podem conter uma grande atividade microbiana e fertilidade (KETTERINGS; BIGHAM, 2000 *apud* SANTANA et al, 2013).

Figura 2. Correlação entre as análises físicas



Com base nos resultados obtidos, é possível observar uma diferença significativa entre os dois tratamentos de cada área analisada. Nas interfaces “compactada” e “estrada”, a umidade é

maior nas interfaces mais distantes da borda (T2 e T4) e ambas apresentam resultado inferior a área do interior da mata. Além disso, essas duas interfaces nos dois tratamentos apresentam em média o mesmo índice de avermelhamento, da mesma forma, inferior à área testemunha. Já a área rural obteve altos resultados em ambos os tratamentos, pelo fato de ser uma região alagada.

Nas interfaces urbanas, os resultados se inverteram, houve maior umidade e índice de avermelhamento no tratamento mais próximo a borda (T7), isso pode estar relacionado às redes de tratamento de esgoto, já que o índice de avermelhamento pode indicar o teor de matéria orgânica e microrganismos no local.

## 5. CONCLUSÃO

Pela análise dos resultados pode-se concluir que há degradação em todas as áreas de borda da Mata de Santa Genebra, sendo as interfaces estrada e compactada as mais afetadas. Essas áreas apresentam uma baixa umidade e atividade densidade do solo quando comparadas ao interior da mata, devido a compactação do solo decorrente do tráfego excessivo na região.

## AGRADECIMENTO

Agradeço ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio financeiro e concessão da bolsa de Iniciação Científica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAME, L.F.S.; TAYLOR, J.C. **Causas e efeitos da compactação do solo. Lavoura Arrozeira**, v.33; p.59-62, 1980.

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. **Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e Argissolo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.131-139, 2010

CISOTTO, M. F.; VITTE, A. C. **Relações entre a urbanização e a incorporação de áreas verdes na cidade de Campinas-SP**, 09/2009, VIII ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE., Vol. 1, pp.1-15, Curitiba, PR, Brasil, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de Solo**. 2 ed. rev. atual. 212 p. Rio de Janeiro, 1997. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos\\_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Manual+de+Metodos_000fzvhotqk02wx5ok0q43a0ram31wtr.pdf).

EMBRAPA. Sociedade Brasileira de Ciência de Solo. **Manual de descrição de coleta de solo no campo**. 5 ed, rev. atual. 92 p. Viçosa, 2005.

FAHRIG, L. **Effects of habitat fragmentation on biodiversity**. Annual Reviews of Ecology and Systematics, Palo Alto, v. 34, p. 487-515, 2003.

FIGUEIREDO, C. C.; SANTOS, G. G.; PEREIRA, S.; Nascimento, J. L.; Alves Júnior, J. **Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.146- 151, 2009.

GREGGIO, T. C.; PISSARRA, T.C.T.; RODRIGUES, F.M. **Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jaboticabal – SP**. Revista *Árvore*, Viçosa, v.33, n.1, p.117-124. 2009. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v33n1/v33n1a12.pdf>

GUARATINI, Maria Tereza Grombone et al. **Composição florística da Reserva Municipal de Santa Genebra, Campinas, SP**. Rev. bras. Bot., São Paulo, v. 31, n. 2, p. 323-337, June 2008. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042008000200015&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042008000200015&script=sci_arttext)

MORELLATO, P.C.; LEITÃO FILHO, H.F. 1995. **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: reserva de Santa Genebra**. UNICAMP, Campinas, São Paulo. 79pp.

SANTANA, Otacilio Antunes et al. **Relação entre o Índice de Avermelhamento do Solo e o Estoque de Carbono na Biomassa Aérea da Vegetação de Cerrado**. Ciênc. Florest., Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 783-794, Dec. 2013. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982013000400783&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-50982013000400783&script=sci_arttext)

SANTOS, Renata Soares; P. Barreto; R. Scoriza; E Costa. **Indicadores do Solo na Avaliação do Efeito de Borda em Fragmento de Floresta Estacional**. 2013 Disponível em: [http://www.uesb.br/eventos/seeflor/publicacoes/2013/819\\_PDFsam\\_Anais\\_IV\\_CONEFLOL\\_III\\_SEEFLOL.pdf](http://www.uesb.br/eventos/seeflor/publicacoes/2013/819_PDFsam_Anais_IV_CONEFLOL_III_SEEFLOL.pdf)

VELOSO, Henrique Pimenta. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.