



QUANTIFICAÇÃO DE BIOMASSA E ALTURA DAS ÁRVORES EM UMA FLORESTA DE MATA ATLÂNTICA EM BELO HORIZONTE - MG, COMPARAÇÃO ENTRE LEVANTAMENTO LASER SCANNER E INVENTÁRIO FLORESTAL POR ÁREA FIXA

DOI: 10.19177/rgsa.v9e32020711-725

Diogo Caio Rocha Amorim¹

RESUMO

O objetivo do trabalho foi quantificar e comparar metodologias para obter o volume de biomassa e apresentar a altura média das árvores dominantes de uma floresta remanescente de Mata Atlântica em Belo Horizonte - MG, onde foi realizado um mapeamento baseado em Laser Scanner viabilizado pela tecnologia LiDAR, o que foi comparado com dados de inventários florestais desta área. O cruzamento dos dados entre a campanha de campo e o levantamento utilizando o Sensoriamento Remoto, obtiveram resultados próximos, encontrando diferenças entre 2% e 11% para quantidade em metros cúbicos das áreas analisadas. Para a quantidade total do número de indivíduos foi encontrado uma diferença de 2%. O levantamento por meio do sistema Lidar, mostrou poucas variações em relação ao método de área fixa por inventário florestal e quanto maior a declividade, as análises de dados LiDAR, tendem a sofrer uma perda na quantidade e qualidade de dados levantados.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. LiDAR. Mapeamento. Vegetação. Inventário Florestal.

¹ Possui Graduação em Geografia - Bacharelado e Licenciatura com ênfase em Análise Ambiental pelo Centro Universitário de Belo Horizonte - UNI-BH. É Pós-graduado em Geoprocessamento e processos para Internet na modalidade Lato-Sensu pela PUC Minas e Mestre em Engenharia Ambiental pela UFSC. UMA/UFMG E-mail: diogocaio@hotmail.com

QUANTIFICATION OF BIOMASS AND HEIGHT OF TREES IN AN ATLANTIC FOREST IN BELO HORIZONTE - MG, COMPARISON BETWEEN LASER SCANNER SURVEY AND FOREST FIXED AREA

ABSTRACT

The objective of the work was to quantify and compare methodologies to obtain the volume of biomass and present the average height of the dominant trees of a remaining Atlantic Forest in Belo Horizonte - MG, where a mapping based on Laser Scanner made possible by the technology LiDAR, which was compared with data from forest inventories in this area. The crossing of data between the field campaign and the survey using Remote Sensing, obtained close results, finding differences between 2% and 11% for quantity in cubic meters of the analyzed areas. For the total number of individuals, a difference of 2% was found. The survey through the Lidar system, showed few variations in relation to the fixed area method by forest inventory and the greater the slope, the LiDAR data analyzes, tend to suffer a loss in the quantity and quality of data collected.

Keywords: Remote Sensing, LiDAR, Mapping, Vegetation, Forest Inventory



1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica apresenta um tipo de vegetação contígua podendo ser identificável em escala regional, portanto considerada um bioma brasileiro. Este bioma contém uma área de aproximadamente 1.110.182 km² que representa 13,04 % de todo o território brasileiro (IBGE, 2004).

Um bioma extremamente rico em diversidade e importante para o ecossistema apresenta uma diversidade de fitofisionomias que são determinadas pela proximidade da costa marítima, relevo, tipos de solo e regimes pluviométricos (UFV, 2006).

Caracterizada como uma floresta tropical, a Mata Atlântica é representada por uma heterogeneidade em sua estrutura (PHILIPS et al., 2004; QUESADA et al., 2012 apud SATO et al., 2015), apresentando um potencial enorme para sua exploração, como madeiras e um quantitativo de milhões de hectares com florestas plantadas utilizadas entre tantos para a produção de celulose (FILHO et al., 2003).

O conhecimento íntegro das florestas de um país é importante para tomadas de decisão, planejamento territorial e ambiental sendo de suma importância conhecer tais potenciais, mesmo que para fins de conservação, por isso se torna muito utilizado nos dias de hoje o inventário florestal (FILHO et al., 2003).

Um inventário florestal é um método que descreve qualitativa e quantitativa as espécies florestais de uma determinada área, podendo ser realizados com diferentes finalidades, botânica ou ecológica, podendo também possuir quantitativo de biomassa (SOUZA, 2007).

Biomassa é a quantidade em massa de material de origem biológica, viva ou morta, animal ou vegetal (MARTINELLI et al, 1994, citado por SANQUETTA et al, 2008) e está relacionada à produtividade primária líquida que um ecossistema tem a capacidade de produzir (ZHAO e RUNNING, 2010). Para a estimativa de dossel, altura das árvores e suas variáveis dendrométricas são necessárias abordar relações entre o diâmetro total das copas das árvores e sua relação de DAP (Diâmetro da Casca à altura do Peito), onde a relação entre a dimensão da copa e o crescimento do diâmetro permitiu o desenvolvimento de um modelo de crescimento de diâmetro por meio de medições em campo, através da existente relação entre dimensão de copa e DAP (OLIVEIRA, 2011).



Existem entre outras técnicas de campo, possibilidades de quantificar biomassa e altura média de dosséis de uma floresta utilizando-se por Sensoriamento Remoto. Os levantamentos florestais oriundos do sensoriamento remoto tem demonstrado ser uma ferramenta importante para o desenvolvimento da Ciência Florestal e permite ganhos significativos no inventário (SOUZA et al., 2007).

Atribuindo a estes levantamentos podemos concretizar a tecnologia LiDAR como uma tecnologia de essencial valor para obtenção dos dados florestais (OLIVEIRA, 2011). O LiDAR se destaca como uma recente tecnologia empregada para a obtenção de medidas diretas da vegetação, como altura do dossel, o número de indivíduos, o volume e o diâmetro da copa (DUBAYAH et al., 2000; POPESCU et al., 2011 apud SATO et al., 2015).

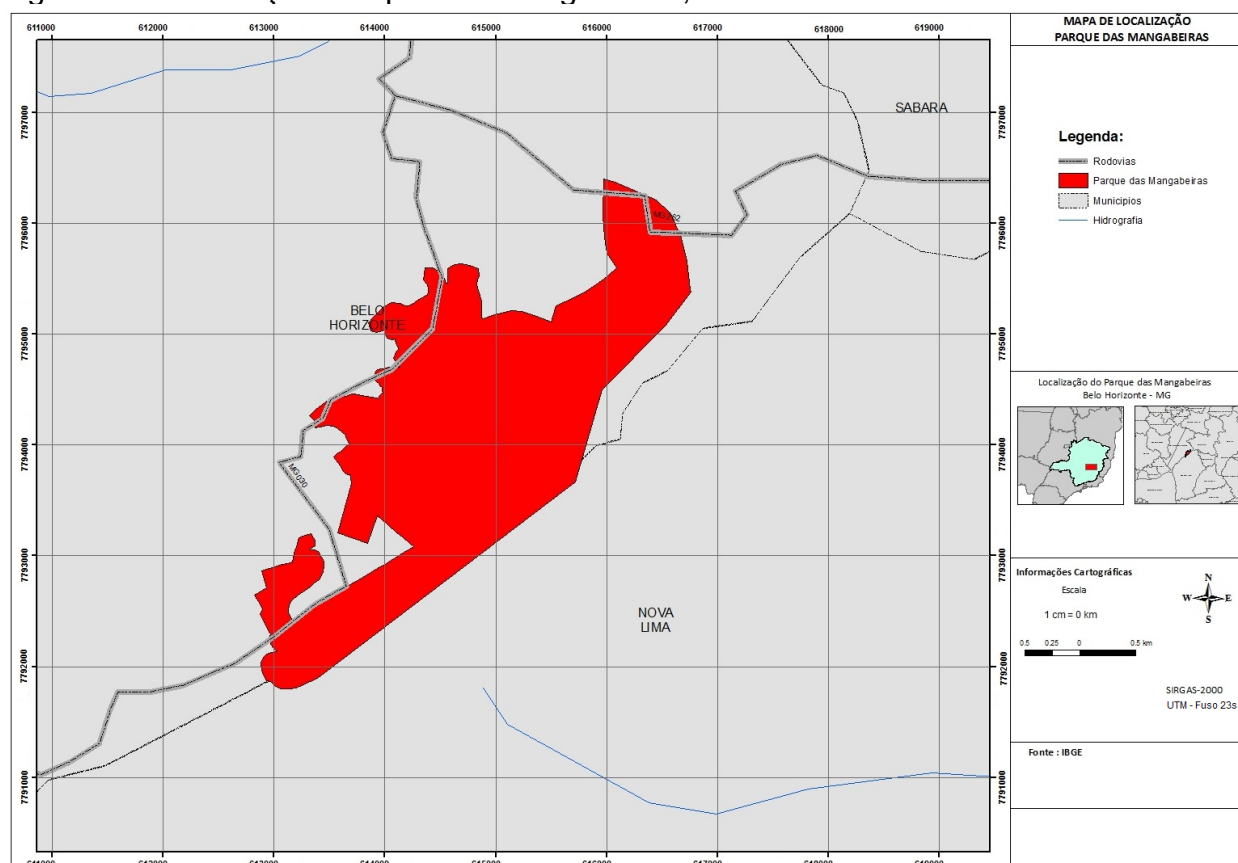
É objetivo de este trabalho comparar diferentes metodologias para quantificar o volume de biomassa e altura média das árvores dominantes de uma floresta

remanescente de Mata Atlântica em Belo Horizonte – MG. Os métodos utilizados foram o mapeamento baseado em Laser Scanner viabilizado pela tecnologia LiDAR e o inventário florestal por área fixa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo foi realizado um mapeamento de 2,4 km², no Parque das Mangabeiras, Belo Horizonte – MG, onde sua localização é destacada na Figura 1.

Figura 1 - Localização Parque das Mangabeiras, Belo horizonte - MG.



Fonte: O Próprio Autor

Os dados LiDAR foram coletados em um único sobrevoo no dia 25 de Janeiro de 2019, utilizando o equipamento ALTM3100 da empresa canadense Optech, embarcado na aeronave SENECA II. Neste sobrevoo foram respeitados os seguintes parâmetros:

Tabela 1. Relação de variáveis e suas especificações utilizadas para a realização do sobrevoo

Variáveis	Especificação
Altura do Voo	1000m
Acurácia horizontal	Melhor que 50 cm (escala 1:1.000 PEC "A")
Acurácia vertical	Melhor que 15 cm
Frequência de escaneamento	70 Hz
Ângulo de escaneamento (FOV)	24°
Retornos possíveis	Até 4 medições para cada pulso

Fonte: O Próprio Autor



Após a realização da etapa de voo os dados coletados foram gravados em HD externo e processados em escritório. Foi feita a separação dos dados coletados em dados brutos com arquivos de imagem e dados brutos com arquivos da nuvem de pontos.

As imagens somaram um total de 54 ortofotos para a integral cobertura do parque analisado. A resolução espacial real de cada imagem foi determinada em 20 cm. De posse destes dados foi realizado o processo de ortorretificação e georreferenciamento das ortofotos. Este processo conta com a elaboração de modelos digitais de elevação e adequação de processos de orto-imagem trabalhados nos Softwares Terra Photo e Terra Scan da empresa finlandesa Terrasolid.

Em um pós-processamento, os dados do mapeamento baseado em Laser Scanner foram tratados e então diferenciados entre solo e vegetação. Para essa classificação foram utilizados algoritmos computacionais que trabalham a nuvem de pontos, identificando o número do retorno, onde se realizou comparações entre as

alturas de pontos adjacentes e dentro de uma rede, trabalhando com os conceitos de declividade, segmentação e superfície.

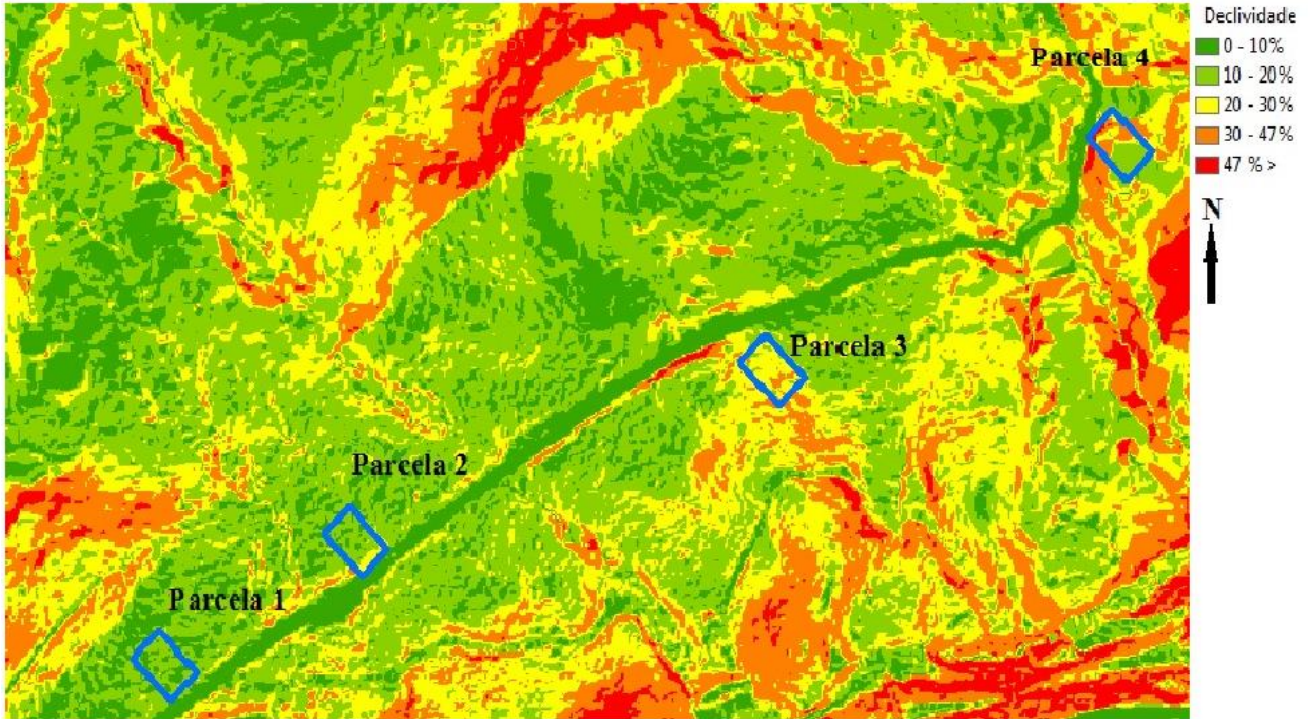
De posse destes dados, foram definidas quatro parcelas de estudo contando com diferentes eixos de declividade no terreno. Cada parcela contou com uma medida de 20 metros de largura por 30 metros de comprimento (600m²), conforme descrita nas Figuras 2 e 3. A quantidade de parcelas foi escolhida para unificar as áreas sequenciais, já que segundo (GOFFE,2015) o tamanho mínimo de uma parcela para este tipo de floresta é de 100m² (10m x 10m), o que totalizou para este trabalho 24 parcelas.

Figura 2 – Distribuição das Parcelas sobre a ortofoto



Fonte: O Próprio Autor

Figura 3. Distribuição das Parcelas sobre o mapa de declividade.



Fonte: O Próprio Autor.

Para os dados do Inventário Florestal foram aproveitadas as mesmas parcelas do levantamento aéreo. O método utilizado para este inventário foi o de Área Fixa que permite levantar todas as espécies no interior da parcela de forma integral, utilizando dados como DAP (Diâmetro da Casca a Altura do Peito) e também altura das árvores (CESARO, 1994).

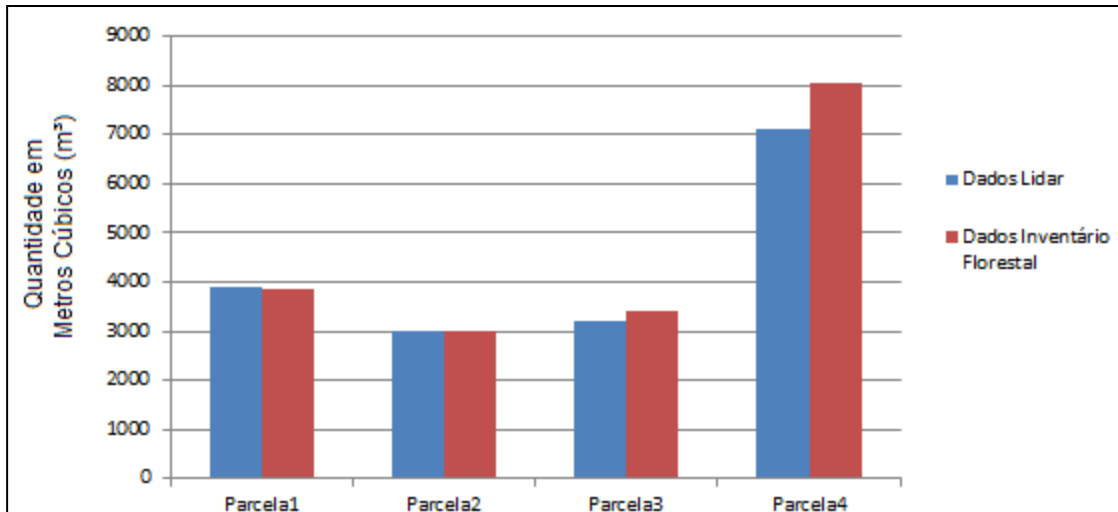
Os dados foram coletados nos dias 16, 17, 23 e 24 de janeiro de 2019, totalizando 28 horas em campo e contou com o apoio de dois técnicos para tal execução. Foram utilizados GPS de navegação e Diferencial, além de trenas, pranchetas e um Hipsômetro a laser L5 da empresa Suéca Haglöf Sweden que serviu para medir a altura das árvores.

3 RESULTADOS

O cruzamento dos dados entre a campanha de campo e o levantamento utilizando o Sensoriamento Remoto, obtiveram resultados próximos. Para representar o diâmetro e a cubagem dos indivíduos amostrados, foi gerado um gráfico comparativo

entre os mesmos (Figura 4), onde as parcelas apresentam algumas variações entre o Inventário Florestal e os dados Lidar.

Figura 4. Gráfico comparativo de metros cúbicos dos indivíduos entre LIDAR e Inventário Florestal.

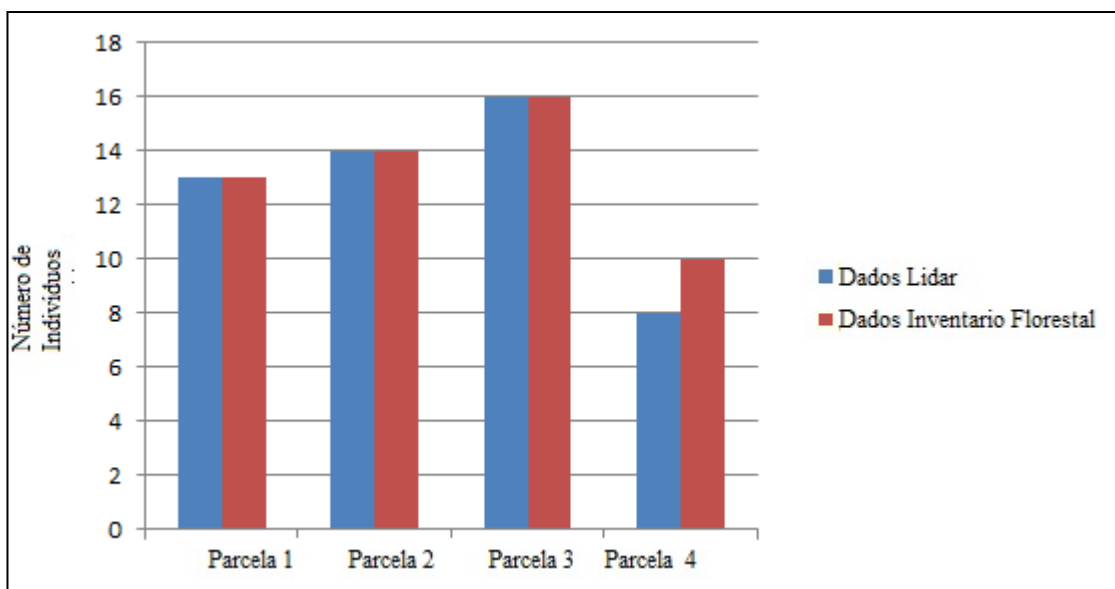


Fonte: O Próprio Autor

Na Figura 4 observamos a diferença de cubagem entre os dois métodos. Para as parcelas 1 e 2 foi encontrado uma diferença de 2%, já na parcela 3 essa diferença aumenta para 4% e 11% para parcela 04.

Para o número de indivíduos também foi gerado outro gráfico (Figura 5) que apresenta o total de indivíduos levantados em campo e também de modo aéreo.

Figura 5 - Gráfico comparativo de altura dos indivíduos entre LIDAR e Inventário Florestal.

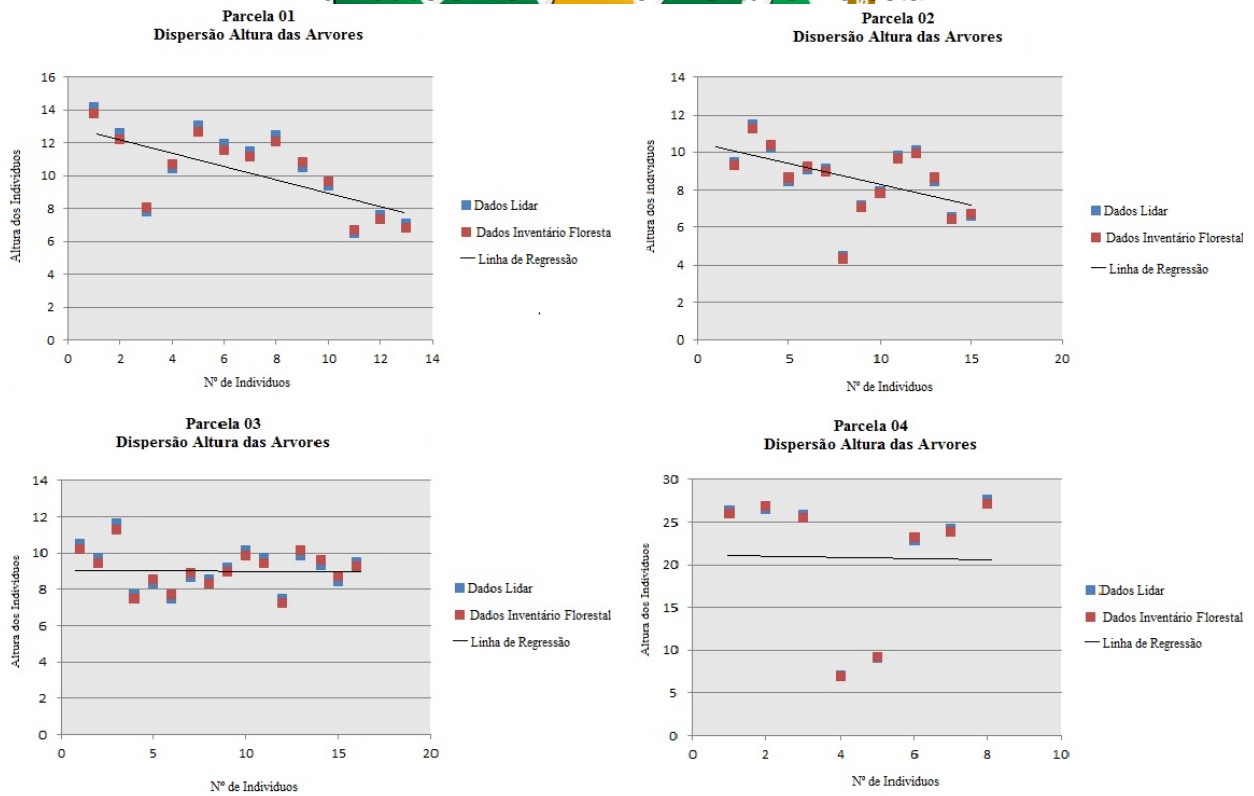


Fonte: O Próprio Autor.

Os indivíduos das parcelas 1 a 3 permaneceram a mesma quantidade levantada. Já na parcela 4 houve uma diferença de 2%, sendo superior o número de indivíduos com os dados levantados pelo Inventário Florestal.

Melhor representando a execução dos levantamentos foi realizado um gráfico de dispersão e também de regressão (Figura 6) para dispor o total de indivíduos pela altura dos mesmos. Ainda foi gerado uma correlação entre altura dos indivíduos arbóreos e sua quantidade por parcela, obtendo os resultados das parcelas 1, 2, 3, e 4 respectivamente 0.993, 0.995, 0.997, 0.999.

Figura 6. Gráfico comparativo de dispersão e Regressão da altura e quantidade dos indivíduos entre LIDAR e Inventário Florestal.



Fonte: O Próprio Autor

4 DISCUSSÃO

Os resultados encontrados foram tidos como satisfatórios, pois não apresentam grandes discrepâncias. Tanto para o Inventário Florestal de área fixa e pelo Levantamento Laser Scanner, obtiveram porcentagens de distanciamento dos valores encontrados bem próximos uns dos outros.

As análises dos gráficos de dispersão em conjunto com a linha de regressão, identifica que os valores de dispersão das variáveis mantêm-se próximos uns dos outros, tanto para o inventário florestal quanto para o Levantamento Laser Scanner. Já a linha de regressão para todas as parcelas apresentou valores superiores a 90%, identificando que as variáveis conseguem ser explicadas pelos regressores do modelo.

A correlação das variáveis obteve valores próximos de 1 para todas as parcelas o que determina uma perfeita correlação positiva e diretamente proporcional.

As parcelas 3 e 4 foram tidas como incomuns, pois mesmo sendo consideradas satisfatórias, apresentaram valores mais desiguais que as parcelas 1 e 2. Este fato logo foi atribuído à escolha das mesmas, que apresentaram uma maior declividade, variando propositalmente de 20% a 47% ou mais de declividade.

Para determinar a aceitação dos modelos propostos e das diferenças encontradas na comparação entre as metodologias, foi aplicado um teste de hipóteses para cada parcela. O teste aplicado foi o Teste – T com duas variâncias equivalentes, pois todos os valores encontrados tanto para altura, quanto para número de indivíduos foram menores do que 30.

Nesta análise não houve diferença significativa, pois o valor calculado da diferença ficou sempre menor que o valor crítico, ou seja, mesmo escolhendo uma hipótese da diferença de média igual a 0 (Zero) os valores ficaram entre 50% e 60% menores que o valor crítico, logo o modelo pode ser aplicado em toda área e também em parcelas semelhantes.

5 CONCLUSÕES

Na comparação entre as diferentes metodologias para a quantificação de biomassa podemos destacar que o Levantamento Laser Scanner mostrou poucas variações em relação ao método de área fixa por inventário florestal. A aplicação dos processos de estatística, tais como: dispersão, correlação e regressão, confirmaram que o modelo conseguiu se explicar para efeitos de comparação.

As variações temporais entre os levantamentos de campo e aéreo, com aproximadamente 1 ano de diferença, influenciaram pouco no resultado dos mesmos.

As declividades por mais acentuadas que sejam ainda conseguem paridade na comparação das metodologias.

O modelo por Levantamento Laser Scanner necessitou apenas de 1 dia para o sobrevoo, já o modelo de área fixa por inventário florestal necessitou de 4 dias para o levantamento em campo da mesma área, o que pode representar uma economia no tempo de levantamento de 75%.

] REFERÊNCIAS



ANDRADE, M. C. Rocha. Proposta de redução de custos em inventários florestais por meio do uso de técnicas de Geoprocessamento. INPE –São José dos Campos, SP – Divisão de Sensoriamento Remoto, p2-3. 2013.

CAMARGOS, L. Araújo; SILVA, C. Coutinho; MORAES, M. Francisco; PRUDENTE, C. Nobre. Aplicação do Modelo Digital de Terreno (MDT) Advanced Elevation Series (AES) em parte do município de Formosa, GO. INPE, p3 – 2015.

CASTRO, F. Cunha; CENTENO, T. Mezzadri. Segmentação de imagens geradas por perfilamento a laser para delimitação de árvores individuais em uma área de reflorestamento de eucaliptos. CEFET – INPE, p 739 – 2005.

CENTENO, Jorge e MITISHITA, Edson. Laser Scanner aerotransportado no estudo de áreas urbanas: A experiência da UFPR. SBSR, INPE, 2007.

CELES, C. H. Souza; SHIMABUKURO, Y. Edemir; CAMPOS, M. A. Assis; HIGUCHI, Niro. Estimativa de biomassa em uma floresta tropical no município de Maués - AM, Brasil. INPA – INPE, p 2827 – 2013.

CESARO, A.; ENGEL, O. A.; FINGER, C. O. G.; SCHNEIDER, P. R. Comparação dos métodos de amostragem de área fixa, relascopia e de seis árvores, quanto à eficiência, no inventário florestal de um povoamento de Pinus sp. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 97-108, 1994.

CRHISTOFOLETTI, Antônio. Modelagem de Sistemas Ambientais. Ed. Edgard Blucher, SP. 1999.

FELGUEIRAS, Carlos; CÂMARA, Gilberto. Modelagem Numérica de Terreno. INPE – 2008.

FERREIRA, L. Guimarães; CLEMENTINO, Nilson; FERREIRA, M. Eduardo. Sensoriamento remoto da vegetação: evolução e estado-da-arte. LPIG – UFGO. p 3987 – 388. 2008.

FIGUEIREDO, Divino. Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto. Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Brasília – DF, 2005.



FILHO, A. D. de Moraes; BRAVO, C. Vera; ROQUE, R. A. Moya; ANDRADE, W. Fernandes. Utilização de métodos estatístico em inventário floresta. USP, SP – 2003.

FILHO, C. A. Zocolotti; CENTENO, J. A. Silva. Análise da qualidade de informações altimétricas geradas pelo sistema Aster. UFPR, p7 – 2004.

GIONGO, Marcos; KOEHLER, H. Soares; MACHADO, S. Amaral; KIRCHNER, F. Felipe; MARCO, Marchetti. LIDAR: princípios e aplicações florestais. EMBRAPA, p231-232. 2010.

GOFFE, R. Fischer. Determinação de tamanhos de parcelas para otimização amostral em remanescentes de florestas nativas em Itatinga – SP. USP. Piracicaba, 2015.

GONÇALVES, M. de L. de A. M.; CARVALHO, C. A. P. Geração de Modelo Digital de Terreno a partir de mapas digitais 3D: estudo de caso visando garantir o contexto

geomorfológico com redução dos dados amostrais, Vol., Ciênc. Geoid, Curitiba, v. 9, n. 1, p.105-119, 2003.

HENTZ, A. M. Klein; RUZA, M. Sabrina; CORTE, A. P. Dalla; SANQUETTA, C. Roberto. Técnicas de sensoriamento remoto para estimativa de biomassa em ambientes florestais. UFPR. Enciclopédia Biosfera, Centro científico Conhecer, Goiânia, v.10, n.18; p2811 – 2014.

HIGUCHI, Niro; SANTOS, Joaquim; RIBEIRO, R. Joao; MINETTE, Luciano; BIOT, Yvan. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra –firme da Amazônia brasileira. INPA, p 156 – 2008.

JUNIOR, C. A. Davis. Geoprocessamento: dez anos de transformações. UDESC, p21. 2010.

MACIEL, A. Oliveira. Aplicações: Mapeamento móvel utilizando a tecnologia Lidar. ENGEFOTO – INPE, p1 – 2011.

MARTINS, Marlo. FELIX, Daniele. KERSTING, Ana. Análise do padrão de exatidão cartográfica (PEC) para dados provenientes do sistema laser – ALTM 2050. COBRAC – UFSC, 2004.



MATOS, João Luiz de. Fundamentos de Informação Geográfica. Lidel 4ª ed. Coimbra, Portugal, 2001.

MELLO, S. L. de Miranda; GONÇALVES, J. L. de Moraes. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de Eucalyptus grandis em sítios com profundidades distintas. USP – SIF, p 106 – 2011.

MENESES, P. Roberto; ALMEIDA, Tati. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. UNB – CNPq, p 11. Brasília - 2012.

MOREIRA, M. Alves. Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação. 3ª Ed. UFV, 2005.

NEVES, D. Andreia. Evolução temporal de fragmentos de vegetação nativa no município de Agudos-SP, utilizando fotografias aéreas. UNESP-Faculdade de Ciências Agrônômicas – Botucatu-SP, p1 – 2007.

NOVO, E. M. L. de M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. Editora Edgar Blücher Ltda. São José dos Campos, 1989. 308p.

OLIVEIRA, L. Teixeira. Aplicação do Lidar no inventário de florestas plantadas. UFLA – 2011.

PANZONI, F. Jorge. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: Diagnosticando a mata atlântica. INPE – Curso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente – Capítulo 8, p7 – 2002.

SANCHES, Luciana; SILVA, B. Ludynilla; LIMA, D. Suzy; PEREIRA, A. Osvaldo; CARRILHO, J. Flair; NOGUEIRA, S. José. Estoque de energia na biomassa e no ar do dossel de *Vochysia divergentes* Pohl. UFMT - Revista Brasileira de engenharia agrícola e ambiental. Vol. 18. Nº9 – 2014.

SANTOS, Alex. Geomática: Cartografia para engenharia ambiental. UNIR – FUFRR, p20 – 2004.

SANQUETTA, C. Roberto; SILVEIRA, Pericles; KOELHER, H. Soares; ARCE, J. Eduardo. O estado da arte na estimativa de biomassa e carbono em formações florestais. Revista Floresta, PR – 2008.



SATO, L. Yumie; SHIMABUKURO, Y. Edemir; KELLER, Michael; SANTOS, M. Nara; ARAGÃO, L. E. O. Cruz. Análise da relação entre dados de LiDAR e de biomassa florestal no sudoeste da Amazônia. INPE – SBSR – 2015.

SCHAFER, A. Gularte & LOCH, R. E. Nogueira. Aplicação dos dados do sensor Laser scanner para modelagem do terreno visando projetos rodoviários. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE.

SOUZA, C.S et al. Técnicas de sensoriamento remoto como subsídios ao estudo de florestas implantadas no Brasil: uma revisão bibliográfica. Ciência Florestal, Santa Maria, v 17, n.p. 409-417, out /dez. 2007.

ZHAO, Maosheng; RUNNING, Steven. Terrestrial net primary production from 2000 though 2009. 2010

MAPA de BIOMAS,2004. Disponível em
<<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais>>. Acesso em: 03 jan. 2019.

MATA ATLANTICA,2006. Disciplina Fitogeografias do Curso de Engenharia Florestal na UFV. Disponível em:
<ftp://www.ufv.br/def/disciplinas/ENF448/aula_10_fitogeografia/BIOMAS/MATA%20ATL%C2NTICA.pdf>. Acesso em : 04 Jan. 2019.

