



TEORES DE CARBONO EM DIFERENTES TIPOS DE PAPEIS

Carlos Roberto Sanquetta¹; Paulo Henrique Corrêa Korbela do Rosário²; Ana Paula Dalla Corte¹; Camila Midori Inoue Sanquetta³; Greyce Charllyne Benedet Maas⁴

1 - Eng. Florestal, Dr., Professor da Universidade Federal do Paraná
(carlossanquetta@gmail.com)

2 - Eng. Florestal, Pós-graduando em Manejo Florestal de Precisão, Universidade Federal do Paraná

3 – Arquiteta (autônoma)

4 - Tecnóloga Ambiental, Dra. em Ciências Florestais (autônoma)
Av. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico
Curitiba – PR, 80.210-170 – Brasil

Recebido em: 06/04/2019 – Aprovado em: 10/06/2019 – Publicado em: 30/06/2019
DOI: 10.18677/EnciBio_2019A127

RESUMO

Produtos florestais colhidos (PFC) são potencialmente considerados sumidouros de carbono (C), sendo contabilizados em inventários de emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE). Não existem estudos específicos sobre os teores de carbono em papeis produzidos no Brasil, o que conduz ao uso de valores *default* desenvolvidos em outros países. Este trabalho analisou os teores de C em 252 amostras de diferentes tipos de papeis produzidos no Brasil, sendo: revestido (*coated*), filtro, guardanapo, higiênico, toalha, de imprimir, jornal, pardo, embalagem e de cigarros. Os papeis foram secos a 70°C em estufa e submetidos a análise por combustão a seco. Foram realizados os testes estatísticos de ANOVA e Tukey para comparação. Os teores de C variaram de 26,43 a 47,50% e houve diferença estatística a 99% de probabilidade entre os tipos de papeis. As médias dos teores por tipo de papel foram as seguintes: revestido (30,17%), filtro (41,93%), guardanapo (41,85%), higiênico (41,02%), toalha (41,48%), de imprimir (36,15%), jornal (46,46%), pardo (41,55%), embalagem (38,985) e de cigarros (31,02%). Papeis com menor grau de processamento industrial apresentaram maiores teores de C. Isso decorre da maior fração de material lenhoso vegetal por unidade de peso. O *default* do IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), de 38,60%, pode ser considerado adequado para alguns papeis, mas não para a maioria. Concluiu-se que, ao realizar inventários de emissões de GEE, o Brasil para contabilizar as emissões e remoções em papeis utilize os teores de C deste estudo, por serem mais adequados à realidade do País.

PALAVRAS-CHAVE: emissões, produtos florestais, sumidouro

CARBON CONTENT IN DIFFERENT PAPER TYPES

ABSTRACT

Harvested wood products (HWP) are potentially considered carbon sinks (C) and are accounted for in inventories of greenhouse gas emissions and removals (GHG). There are no specific studies on the carbon content of papers produced in Brazil,

which leads to default values developed in other countries. This work analyzed the C contents in 252 samples of different types of papers produced in Brazil, being: coated, filter, napkin, toilet, towel, printing, newspaper, brown, packaging and cigarettes. Papers were dried at 70° C in an oven and subjected to dry combustion analysis. Statistical ANOVA and Tukey tests were performed for comparison. The C contents ranged from 26.43 to 47.50% and there was statistical difference at 99% probability among paper types. The average contents of paper were as follows: coated (30.17%), filter (41.93%), napkin (41.85%), toilet (41.02%), towel, printing (36.15%), newspaper (46.46%), brown (41.55%), packaging (38,985) and cigarettes (31.02%). Papers with lower industrial processing degree presented higher levels of C. This is due to the higher fraction of woody material per unit weight. The IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) default of 38.60% may be considered adequate for some papers, but not for the majority. It was concluded that, in carrying out GHG emissions inventories to account for emissions and removals in paper, Brazil uses the C levels of this study, as they are more appropriate to the country's reality.

KEYWORDS: emissions, forest products, sink

INTRODUÇÃO

Produtos florestais colhidos (PFC), do inglês *harvested wood products* (HWP), entre os quais o papel, são potencialmente considerados reservatórios de carbono, podendo gerar emissões ou remoções de GEE (IPCC, 2003). Eles desempenham um papel importante na mitigação climática (KAYO et al., 2015, YANG; ZANG, 2016), cujas emissões por fontes ou remoções por sumidouro devem ser incluídas nos inventários nacionais de GEE após o segundo período de compromisso do Protocolo de Quioto (IPCC, 2014).

Apesar do seu papel em armazenar C, se constituindo num sumidouro, PFC também podem se converter em fonte de emissões de GEE, na medida que ocorre a sua decomposição (IPCC, 2006). O Brasil ainda não contempla nos seus inventários de GEE as emissões e remoções por PFC, nem como sumidouro nem como fonte de emissão (MCTI, 2016).

A quantificação de PFC é contemplada no volume 12 das Diretrizes do IPCC (2006) sobre inventários nacionais de GEE e prevê distintas abordagens e metodologias. Em todas elas, é necessário saber o teor de C, também chamado de fração de C, ou ainda fator de conversão de C em alguns dos guias metodológicos.

Existem muitos estudos sobre teores de C na biomassa de espécies florestais, sobretudo na madeira (e.g. DALLAGNOL et al., 2011; BEHLING et al., 2014; WATZLAWICK et al., 2014; SILVA et al., 2014; SANQUETTA et al., 2016) e alguns em materiais de construção (FREITAS JR et al., 2015; FREITAS JR et al., 2018), porém há poucas publicações no tema em PFC e especificamente sobre diferentes tipos de papeis. Ademais, nas tabelas *default* do IPCC constam valores agregados, derivados de vários tipos de papeis analisados em outros países. Não há publicação relevante sobre a matéria no Brasil que analise as variações dos teores de C em distintos tipos de papeis.

Este estudo teve como objetivo apresentar as variações nos teores de C em 10 diferentes tipos de papeis fabricados e utilizados no País, contemplando embalagens, produtos de higiene e uso doméstico, papeis de impressão e cigarros. Almeja-se com esta publicação demonstrar que o teor de C, considerado muitas vezes único e homogêneo, apresenta variações e que o uso de valores específicos para cada tipo auxilia na melhoria da qualidade dos inventários de GEE.

MATERIAL E MÉTODOS

Diferentes tipos de papeis foram considerados neste estudo. Foram analisadas 252 amostras de 10 tipos de papeis, a saber: revestido (*coated*), filtro, guardanapo, higiênico, toalha, de imprimir, jornal, pardo, embalagem e de cigarros. A quantidade de amostras por tipo de papel foi variável em função da disponibilidade de material adequado para as análises. Descrição das amostras de papel de cigarros é apresentada em Sanquetta e Anater (2016). Todos os papeis estavam livres de tintas e impressões que poderiam alterar os resultados.

Os papeis foram secos a 70°C em estufa, triturados e moídos ao nível de graduação (*mesh*) 20, compatível com o equipamento analisador. As amostras foram pesadas e introduzidas em cadinhos de porcelana e, então, levadas à análise dos teores de C por combustão a seco no equipamento marca LECO, modelo C-144. O aparelho determina o tempo de combustão e o teor de C da amostra e envia as informações diretamente para um *software* em computador acoplado, gerando um arquivo digital pronto para as análises estatísticas.

Foi realizada a análise estatística descritiva dos dados. Os dados foram também analisados pelos testes estatísticos de ANOVA para verificar a existência de diferença estatística entre os teores de C das amostras e do teste Tukey para discriminar as diferenças pareadas entre os tratamentos (tipos de papel). Ambos os testes foram realizados ao nível de 99% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A média geral dos teores de C de todas as amostras foi de 36,39%, ou 0,3639 MgC.Mg⁻¹, segundo a nomenclatura do IPCC (2006). O valor *default* agregado do teor de C para papeis é 38,60%. Os teores de C das 252 amostras variaram de 26,43 a 47,50%, o que representa uma amplitude de 58,06% em relação à média e um coeficiente de variação de 15,20% (Tabela 1). Isso demonstra que existem variações expressivas entre os teores de C de papeis produzidos e utilizados no Brasil. Isso decorre da matéria prima utilizada e do processo de fabricação desses papeis, que são diferenciados. Tais variações têm implicações importantes, pois pequenas diferenças no valor de teor de C aplicado nos cálculos têm grandes repercussões nos inventários, às vezes, implicando em milhões de toneladas de GEE.

TABELA 1. Teores de carbono (%) em diferentes tipos de papeis fabricados no Brasil

Tipo de Papel	n	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	CV%
Revestido	16	30,17	27,52	31,83	1,50	4,97
Cigarro	100	31,02	26,43	34,07	1,47	4,73
Imprimir	16	36,15	34,22	38,78	1,37	3,79
Embalagem	32	38,98	37,22	41,97	1,11	2,84
Higiênico	20	41,02	38,34	42,74	1,41	3,44
Toalha	12	41,48	40,74	42,10	0,37	0,90
Pardo	8	41,55	40,35	43,82	1,18	2,83
Guardanapo	16	41,86	40,99	42,64	0,56	1,33
Filtro	16	41,93	40,73	42,91	0,61	1,46
Jornal	16	46,46	45,67	47,50	0,56	1,21
Geral	252	36,29	26,43	47,50	5,52	15,20

Fonte: Os autores (2019).

Os testes de ANOVA e Tukey revelaram existirem diferenças estatísticas a 99% de probabilidade entre os tipos de papeis (Tabela 2). As médias dos teores por tipo de papel foram as seguintes: revestido (30,17%), filtro (41,93%), guardanapo (41,85%), higiênico (41,02%), toalha (41,48%), de imprimir (36,15%), jornal (46,46%), pardo (41,55%), embalagem (38,985) e de cigarros (31,02%) (Tabela 2).

TABELA 2. ANOVA dos valores de teores de C de papeis produzidos no Brasil

Fonte de Variação	Graus de liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Valor F
Tratamentos	9	7,258.4734	806,4970	518.0485**
Resíduo	242	376.7452	1,5568	
Total	251	7,635.2186	806,4970	

** valor $p = 1,1102 \times 10^{-16}$

Fonte: Os autores (2019).

Cinco grupos de tratamentos (tipos de papeis) foram diferenciados pelo teste de Tukey: 1. papeis revestidos e de cigarros, 2. papel de imprimir, 3. papel de embalagem, 4. papeis de uso doméstico e pardo de embrulho, 5. papel jornal (Figura 1). A única média considerada estatisticamente equivalente ao *default* do IPCC foi a do papel de imprimir. Todas as demais foram diferentes, o que indica que a adoção desse valor pode ser problemática na realização de um inventário de GEE.

Recomenda-se, pois, o uso discriminado do teor de C por tipo de papel e dentro da realidade nacional, ou seja, com base em análises laboratoriais feitas com papeis fabricados no local de produção, no caso do Brasil para os produtos aqui produzidos e valores do país de origem sendo o papel importado. Para isso é fundamental que o inventário brasileiro de GEE compute as emissões e remoções decorrentes de PFC, em particular do papel, para retratar com maior realismo todos os reservatórios de C recomendados pelo IPCC. Como o Brasil não importa grandes quantidades de papel atualmente, o uso dos valores publicados neste estudo atende satisfatoriamente a esta recomendação.

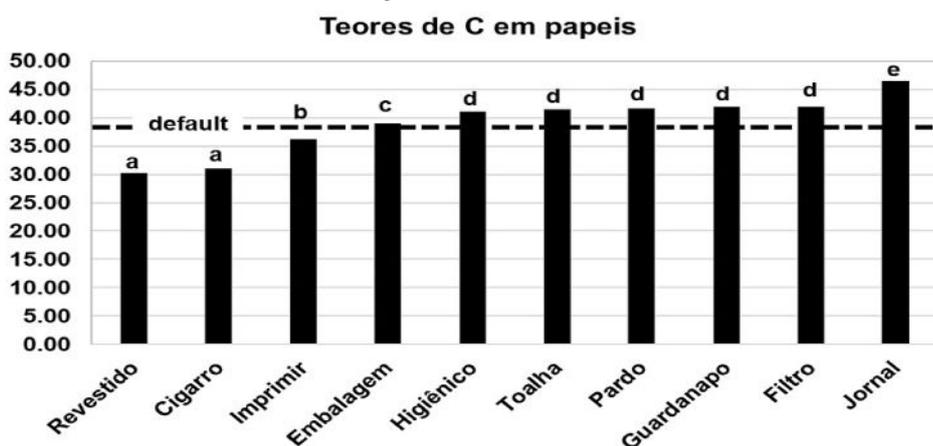


FIGURA 1. Médias dos teores de C em papeis e respectivo teste de Tukey e valor *default* do IPCC. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 99% de probabilidade. Fonte: Os autores (2019).

O Brasil é um grande produtor de celulose e papel. Seu consumo interno também vem crescendo, assim como as exportações e importações (FAOSTAT, 2019). O País produz atualmente cerca de 10 milhões de toneladas anuais. De 2004

a 2014 o crescimento médio na produção de papéis foi de 3% ao ano, embora nos últimos anos tenha havido uma queda em função da crise econômica. Portanto, o papel é um dos principais PFC produzidos no Brasil. Considerar isso no balanço de C nos inventários de GEE informados à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas é muito importante.

Quase a totalidade do papel hoje produzido no Brasil advém de florestas plantadas (IBÁ, 2018). Essas florestas, além de ter a capacidade de fixar na sua biomassa e absorver CO₂ via fotossíntese, também podem contribuir com a mitigação climática via estocagem nos PFC (SANQUETTA et al., 2018), como madeira processada mecanicamente, painéis, papel, carvão vegetal, ferro-gusa, etc. O papel dos PFC na mitigação climática tem sido evidenciado em recentes pesquisas (e.g. PILLI et al., 2015; BOUYER; SERENGIL, 2016; BRUNET-NAVARRO et al., 2016; JASINEVI IUS et al., 2017; ZHANG et al., 2018).

Ao considerar PFC nos inventários de GEE deve-se atentar para as abordagens e metodologias apropriadas recomendadas pelo IPCC. As variáveis fundamentais nessa contabilização são as quantidades produzidas de papel no país, suas importações e exportações, além da massa seca ao ar e o teor de carbono no material (IPCC, 2006). Usar indiscriminadamente o valor *default* do IPCC para teor de C é preocupante e torna-se fundamental que níveis de abordagem mais elevados (*Tiers*) sejam propostos, como recomendado pelo próprio Painel.

Neste estudo foram analisados os teores de C em diferentes tipos de papéis e propostos valores alternativos que podem ser usados para melhorar a acurácia e diminuir as incertezas nos futuros inventários de GEE do Brasil.

CONCLUSÕES

- Os teores de C dos papéis fabricados no Brasil são distintos do valor *default* indicado pelo IPCC, exceto o do papel de imprimir;
- Os teores de C dos distintos tipos de papéis produzidos no Brasil são estatisticamente diferentes;
- O papel que apresentou o maior teor de C foi o jornal, devido ao menor grau de processamento industrial e à matéria prima mais pura em material lenhoso;
- Papéis branqueados com maior grau de processamento industrial possuem menores teores de C;
- É fundamental que as diferenças nos teores de C dos tipos de papéis sejam levadas em conta nos inventários de GEE que computam PFC.

REFERÊNCIAS

BEHLING, A.; SANQUETTA, C. R.; CARON, B. O.; SCHIMIDT, D.; ELLI, E. F.; DALLA CORTE, A. P. Teores de carbono orgânico de três espécies arbóreas em diferentes espaçamentos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 77, p. 13-19, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.4336/2014.pfb.34.77.562>> doi: 10.4336/2014.pfb.34.77.562

BOUYER, O.; SERENGIL, Y. Carbon stored in harvested wood products in Turkey and projections for 2020. **Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University**, v. 66, n. 1, p. 295-302, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.48603>>

doi: 10.17099/jffiu.48603

BRUNET-NAVARRO, P.; JOCHHEIM, H.; MUYS, B. Effect of cascade use on the carbon balance of the German and European wood sectors. **Global Change Biology**, v. 22, p. 2555–2569, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/gcb.13235>> doi: 10.1111/gcb.13235

DALLAGNOL, F. S.; MOGNON, F.; SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 410-416, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4322/floram.2011.060>> doi: 10.4322/floram.2011.060

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. 2019. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/GF>>

FREITAS JR, J. A.; SANQUETTA, C. R.; SANQUETTA, M. N. I.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, F. T. I. Estocagem em carbono em portas internas de madeira de edifícios residenciais. **Enciclopédia Biosfera**, v.11 n.22; p. 1182-1193, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_152> doi: 10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_152

FREITAS JR, J. A.; SANQUETTA, C. R.; IWAKIRI, S.; COSTA, M. R. M. M. F. T. I. The use of wood construction materials as a way of carbon storage in residential buildings in Brazil. **International Journal of Construction Management**, publicado online, 1-7, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15623599.2018.1532384>> doi: 10.1080/15623599.2018.1532384

IBÁ – INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES. **Relatório 2018**. São Paulo: IBÁ, 2017. Disponível em : <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo-2018.pdf>>

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, UNEP (2003). Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html>>

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change. 2006 **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Chapter 12 HWP. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_12_Ch12_HWP.pdf>

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change. **2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol**. Task Force on National Greenhouse Gas Inventories, 2014. Disponível em: <<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/kpsg/index.html>>

JASINEVI IUS, G.; LINDNER, M.; CIENCIALA, E.; TYKKYLÄINEN, M. Carbon accounting in harvested wood products: assessment using material flow analysis resulting in larger pools compared to the IPCC default method. **Journal of Industrial Ecology**, v. 22, n. 1, p. 121-131, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jiec.12538>> doi: 10.1111/jiec.12538

KAYO, C.; TSUNETSUGU, Y.; TONOSAKI, M. Climate change mitigation effect of harvested wood products in regions of Japan. **Carbon Balance and Management**, v. 10, n. 24, publicado online, 2015. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1186%2Fs13021-015-0036-3>> doi: 10.1186%2Fs13021-015-0036-3

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **III Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações sobre Mudanças Climáticas**. Vol. 3, 336p. 2016.

PILLI, R.; FIORESE, G.; GRASSI, G. EU mitigation potential of harvested wood products. **Carbon Balance and Management**, 10, n. 6. Publicado online. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13021-015-0016-7>> doi: 10.1186/s13021-015-0016-7

SANQUETTA, C. R.; ANATER, M. J. N. Emissões de CO₂ e geração de resíduos pelo consumo de cigarros no Brasil no período 2006-2012. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 1, n. 1, p. 33-37, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v1i1.49097>> doi: 10.5380/biofix.v1i1.49097

SANQUETTA, C. R.; DALLA CORTE, A. P.; PELISSARI, A. L.; TOMÉ, M.; MAAS, G. C. B.; SANQUETTA, M. N. I. Dynamics of carbon and CO₂ removals by Brazilian forest plantations during 1990-2016. **Carbon Balance and Management**, v. 13 n. 20, p. 1-12, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1186/s13021-018-0106-4>> doi: 10.1186/s13021-018-0106-4

SANQUETTA, M. N. I.; SANQUETTA, C. R.; MOGNON, F.; DALLA CORTE, A. P.; MAAS, G. C. B. Wood density and carbon content in young teak individuals from Pará, Brazil. **Científica**, v. 44, n. 2, p. 608-614, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n4p608-614>

SILVA, S. A.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R.; RODRIGUES, A. L.; BARRETO, T. G. Teores de carbono médios para compartimentos e espécies florestais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 2990-3007, 2014.

WATZLAWICK, L. F.; MARTINS, P. J.; RODRIGUES, A. L.; EBLING, A. A.; BALBINOT, R.; LUSTOSA, S. B. C. Teores de carbono em espécies da floresta ombrófila mista e efeito do grupo ecológico. **Cerne**, v. 20, n. 4, p. 613-620, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/01047760201420041492>> doi: 10.1590/01047760201420041492

YANG H.; ZANG X. A rethinking of the Production Approach in IPCC: its objectiveness in China. **Sustainability**, 8, n. 216, publicado online, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su8030216>> doi: 10.3390/su8030216

ZHANG, X.; YANG, H.; CHEN, J. Life-cycle carbon budget of China's harvested wood products in 1900-2015. **Forest Policy and Economics**, v. 92, p. 181-192 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.05.005>> doi: 10.1016/j.forpol.2018.05.005