



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Implicações da alteração do uso e ocupação do solo  
no distrito de Leiria no sequestro/emissão de CO<sub>2</sub> –  
caso das Florestas***

**Ivone de Oliveira Neto**

Leiria, Setembro de 2015

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*



## Projeto

### Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Implicações da alteração do uso e ocupação do solo no distrito de Leiria no  
sequestro/emissão de CO<sub>2</sub> – caso das Florestas

**Ivone de Oliveira Neto**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Luís Miguel Igreja Aires, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, *setembro de 2015*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Dedicatória/Homenagem

---

## Dedicatória

Ao meu muito amado mano Luís Manuel (Lu).

## Homenagem

Os meus muito amados e saudosos

Progenitores:

Luís

Laura (Laurinha);

Mana:

Graça Marília (Marilinha).

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser mas, graças a Deus, não sou o que era antes”.

*Martin Luther King*

“Enquanto houver vontade de lutar, haverá esperança de vencer!”

*Santo Agostinho*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Agradecimentos

---

Ao Doutor Luís Miguel Igreja Aires pelo material que me disponibilizou e a valiosa ajuda que me prestou, fazendo, permanentemente, sentir preocupação no sentido de que não houvesse motivos impeditivos à plena e normal consecução deste trabalho e incentivando-me na sua consecução.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Resumo

---

Os ecossistemas florestais dão um contributo bastante importante no reservatório global de carbono (Walker e Steffen, 1996), pois capturam dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera, contribuindo, assim, para amortizar parte das emissões antropogénicas.

Os ecossistemas florestais compreendem não só a vegetação como ainda o solo, sendo este considerado um importante sumidouro de carbono.

O objetivo principal deste projeto reporta-se à estimativa do balanço entre a emissão e o sequestro de CO<sub>2</sub>, associado à alteração ocorrida no uso e cobertura do solo, no distrito de Leiria, concretamente a alteração da floresta, inerente a perdas e ganhos, no período compreendido entre janeiro de 2001 e dezembro de 2012. Assumiu-se que a conversão de e para floresta, ocorreu com a pastagem natural.

Por não haver dados regionais recentes e disponíveis em organismo nacional, recorreu-se a uma fonte internacional, a plataforma *online* “Global Forest Watch”, para obtenção das áreas florestais ganhas e perdidas no período acima referido. Para a estimativa das emissões/remoções de CO<sub>2</sub> foi aplicada a metodologia sugerida pelo Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas – IPCC (IPCC, 2006a), com recurso a equações dos inventários nacionais de Gases com Efeito de Estufa (GEE) do setor da Agricultura, Floresta e Outros tipos de Uso do Solo (AFOLU), bem como as folhas de cálculo sugeridas por aquele organismo, para a maioria das situações de cálculo de emissões e remoções de carbono. A fim de se reduzirem as incertezas na aplicação desta metodologia, usaram-se, sempre que disponíveis, dados nacionais.

Constatou-se que, na conversão de pastagem em floresta, ocorreu um ganho de CO<sub>2</sub> na área convertida, resultante do crescimento da biomassa florestal, da acumulação de resíduos vegetais e da incorporação de carbono orgânico no solo. O maior contributo foi dado pela incorporação de carbono orgânico no solo.

Na conversão de floresta em pastagem ocorreu uma perda de CO<sub>2</sub> na área convertida, sendo que a perda de biomassa florestal foi a que mais contribuiu para este comportamento; contudo a perda de carbono orgânico do solo também teve um peso relevante.

Em termos de balanço final, estimou-se uma perda significativa de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, nas alterações de floresta, ocorridas no distrito de Leiria, entre 2001 e 2012.

*Palavras-chave: Remoção de CO<sub>2</sub>, emissão de CO<sub>2</sub>, alteração do uso e ocupação do solo, floresta, desflorestamento, plataforma online “Global Forest Watch”*

# Abstract

---

The forest ecosystems provide a very important contribution to the global carbon storage (Walker and Steffen, 1996), because they capture carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from the atmosphere, contributing to minimize part of the anthropogenic emissions.

Forest ecosystems include not only the vegetation but also the soil, which is considered as an important carbon sink.

The main objective of this project concerns the estimate of the balance between emission and sequestration of CO<sub>2</sub>, associated with land use change in the Leiria district, specifically the change in forest areas (gain and loss) in the period between January 2001 and December 2012. It was assumed that the conversion from and to forest occurred with natural grassland.

Because there is no recent regional data available in national institutions, it was used an international source, the online platform "Global Forest Watch", to obtain the areas of forest gain and loss in the abovementioned period. For estimating CO<sub>2</sub> emissions/removal it was applied the methodology suggested by the Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (IPCC, 2006a), using the equations of National Greenhouse Gas (GHG) Inventories of the Agriculture, Forestry and Other Land Use sector (AFOLU), as well as the worksheets suggested by that Panel, for most of the calculations. In order to reduce uncertainties in this methodology, national data was used, when available.

It was found that in the conversion of forest to grassland there was a gain of CO<sub>2</sub> in the converted area, namely by growth of forest biomass, accumulation of dead organic matter over the soil and incorporation of organic carbon into the soil. The largest contribution was given by the incorporation of organic carbon into the soil.

In the conversion of forest to grassland it was found a loss of CO<sub>2</sub> in the converted area, being the loss of forest biomass the largest contributor to this behavior. However, the loss of soil organic carbon also had a relevant contribution.

In balance, it was estimated a significant loss of CO<sub>2</sub> to the atmosphere in the change of forest areas that occurred in the district of Leiria, between 2001 and 2012.

Keywords: CO<sub>2</sub> removal, CO<sub>2</sub> emissions, land use change, forest, deforestation, online platform "Global Forest Watch"

# Lista de figuras

---

Figura 1.1. – Distribuição dos usos do solo, em Portugal Continental, para 2010. Fonte: AFN (2013).....	7
Figura 1.2. - Evolução dos usos do solo em Portugal continental. Fonte: AFN (2013).....	8
Figura 1.3. – Evolução da ocupação florestal entre os IFNs. Fonte: AFN (2010).....	9
Figura 1.4. - Evolução do número de ocorrências e da respetiva área ardida em Portugal (2001-2012) Fonte: APRPS (2014).....	14
Figura 1.5. - Áreas ardidas, nos povoamentos do distrito de Leiria (2001-2010). Fonte: AFN (2010).....	14
Figura 1.6. - Área ardida, por concelho, nos povoamentos do distrito de Leiria (2001-2010). Fonte: AFN (2010).....	15
Figura 2.1. – Localização geográfica do distrito de Leiria, no continente de Portugal. Fonte: Mapas de Portugal.....	21
Figura 2.2.a) – Desagregação, por áreas, dos diferentes usos do solo - Distrito de Leiria (2004-2006). Fonte: AFN (2010).....	24
Figura 2.2.b) – Desagregação percentual, dos diferentes usos do solo - Distrito de Leiria (2004-2006). Fonte: AFN (2010).....	25
Figura 2.3.a) - Desagregação, por áreas, das espécies florestais mais representativas - Distrito de Leiria (2004-2006). Fonte: AFN (2010).....	26
Figura 2.3.b) – Desagregação percentual, das espécies florestais mais representativas - Distrito de Leiria (2004-2006). Fonte: AN (2010).....	27
Figura 2.4. – Perda e ganho da cobertura de árvores no distrito de Leiria. Fonte: Hansen et al. (2013a).....	31
Figura 2.5. - Ganho e perda de cobertura de árvores - Distrito de Leiria (2001-2012). Fonte Hansen et al. (2013a).....	32
Figura 2.6. - Perda de cobertura de árvores - Distrito de Leiria (2001-2012). Fonte: Hansen et al.(2013a).....	33
Figura 3.1. – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para o aumento anual de carbono no reservatório da biomassa, devido ao crescimento da biomassa total ( $\Delta C_G$ ), na conversão de pastagem em floresta.....	54

Figura 3.2. – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de pastagem em floresta.....	56
Figura 3.3. – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação anual de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), na conversão de pastagem em floresta.....	58
Figura 3.4. – Ganho de carbono no ecossistema, na conversão de pastagem em floresta (valores globais) – Distrito de Leiria (2001-2012).....	59
Figura 3.5. – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação anual de carbono no reservatório da biomassa total ( $\Delta C_B$ ), no ano de 2001, na conversão de floresta em pastagem.....	61
Figura 3.6. – Variação de carbono no reservatório da biomassa ( $\Delta C_B$ ), devido à conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012).....	62
Figura 3.7. – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), no ano de 2001, na conversão de floresta em pastagem.....	64
Figura 3.8. – Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), devido à conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012).....	65
Figura 3.9. – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação de carbono, no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), no ano de 2001, na conversão de floresta em pastagem.....	66
Figura 3.10. – Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), devido à conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012).....	67
Figura 3.11. – Perda de carbono na conversão de floresta em pastagem (valores globais) – Distrito de Leiria (2001-2012).....	68
Figura 3.12. – Contributo do reservatório da biomassa, matéria orgânica morta e solos minerais na conversão de pastagem em floresta e vice-versa (valores globais), para o balanço global de carbono – Distrito de Leiria (2001-2012).....	70

# Lista de tabelas

---

Tabela 1.1. – Área de ocupação do solo pela floresta, no distrito de Leiria. Fontes DGF (2001) e AFN (2010).....	10
Tabela 1.2. – Área de ocupação do solo pelas duas espécies florestais mais representativas, no distrito de Leiria. Fontes: DGF (2001) e AFN (2010).....	10
Tabela 1.3. – Número de ocorrências e de área ardida dos grandes incêndios florestais (GIF) - ( $\geq 100$ ha) - em Portugal continental, por decénios. Fonte: AFN (2012).....	13
Tabela 1.4. - Áreas ardidadas, nos povoamentos do distrito de Leiria (2001-2010). Fonte: AFN (2011).....	14
Tabela 1.5. – Áreas ardidadas por concelho, nos povoamentos do distrito de Leiria (2001-2010). Fonte: AFN (2011).....	15
Tabela 1.6. - Armazenamento global de C nas florestas portuguesas. Fonte: AFN (2010).....	16
Tabela 1.7. - Armazenamento de C nas florestas portuguesas. Fonte: AF (2010).....	17
Tabela 2.1. - Usos do solo e respetivas percentagens (valores totais) - Distrito de Leiria (2004-2006). Fonte: AFN (2010).....	24
Tabela 2.2. – Espécies florestais mais representativas, no distrito de Leiria, e respetivas percentagens – Distrito de Leiria (2004-2006). Fonte: AFN (2010).....	26
Tabela 2.3. - Áreas perdidas e média de ganhos de cobertura de árvores - Distrito de Leiria (2001-2012). Fonte: Hansen et al. (2013a).....	32
Tabela 2.4. - Áreas parcelares das subcategorias florestais de pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas.....	38
Tabela 2.5. a) - Acréscimos médios anuais, da biomassa total, segundo a composição específica dos povoamentos, para as espécies florestais de pinheiro-bravo e eucalipto (Centro Litoral de Portugal). Fonte: AFN (2010).....	39
Tabela 2.5. b) – Acréscimos médios anuais (AMA), da biomassa total, segundo a composição específica dos povoamentos, para as espécies florestais de carvalho, sobreiro e azinheira (Centro de Portugal. Fonte: AFN (2010).....	39
Tabela 2.5. c) - Acréscimos médios anuais, da biomassa total, segundo a composição específica dos povoamentos, para as espécies florestais de outras folhosas, (todo o Continente de Portugal). Fonte: AFN (2010).....	39
Tabela 2.6. – Resumo de dados para o cálculo da variação anual de carbono na biomassa total, na conversão de pastagem em floresta.....	40

Tabela 2.7. – Carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais). Fonte: (APA, 2014).....	42
Tabela 2.8. – Resumo de dados para o cálculo da alteração anual de carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais), na conversão de pastagem em floresta.....	43
Tabela 2.9. - Fatores de emissão anual para cálculo de carbono em solo mineral, na conversão de pastagem em floresta. Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas - 1990–2012, (APA, 2014).....	44
Tabela 2.10. – Resumo de dados para o cálculo da variação anual de carbono orgânico em solos minerais, na conversão de pastagem em floresta.....	44
Tabela 2.11. - Áreas perdidas de cobertura de árvores - Distrito de Leiria (2001-2012). Fonte: Hansen et al. (2013a).....	46
Tabela 2.12. - Valor padrão de biomassa seca presente em pastagens, após conversão. Fonte: IPCC (2006).....	47
Tabela 2.13.a) - Biomassa total das árvores florestais, segundo a composição específica dos povoamentos para as espécies florestais de pinheiro-bravo e eucalipto, no Centro Litoral de Portugal. Fonte: AFN (2010).....	47
Tabela 2.13.b) - Biomassa total das árvores florestais, segundo a composição específica dos povoamentos para as espécies florestais de sobreiro, azinheira e carvalho, no Centro de Portugal. Fonte: AFN (2010).....	48
Tabela 2.13.c) - Biomassa total das árvores florestais segundo a composição específica dos povoamentos para espécies florestais de outras folhosas, em todo o Continente de Portugal. Fonte: AFN (2010).....	48
Tabela 2.14. – Incrementos médios anuais, utilizados para outros usos do solo, na conversão de floresta em pastagem.....	49
Tabela 2.15. – Resumo de dados, para o cálculo da variação anual de carbono na biomassa total, na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 ( $\Delta A_{TO\_OTHERS}$ de 2001).....	50
Tabela 2.16. – Resumo de dados, para o cálculo da variação anual de carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais), na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 ( $A_{on}$ de 2001).....	51
Tabela 2.17. – Resumo de dados, para o cálculo da alteração de carbono orgânico em solos minerais, na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 (áreas de 2001).....	52
Tabela 3.1. – Aumento anual de carbono no reservatório da biomassa, devido ao crescimento da biomassa total ( $\Delta C_G$ ) na conversão de pastagem em floresta.....	53
Tabela 3.2. – Aumento de carbono no reservatório da biomassa total ( $\Delta C_G$ ), devido à conversão de pastagem em floresta - Distrito de Leiria (2001-2012).....	54

Tabela 3.3. - Variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de pastagem floresta.....	55
Tabela 3.4. – Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta (resíduos vegetais) ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de pastagem em floresta - Distrito de Leiria (2001-2012).....	56
Tabela 3.5. - Variação anual de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), na conversão de pastagem em floresta.....	57
Tabela 3.6. - Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), na conversão de pastagem em floresta - Distrito de Leiria (2001-2012).....	58
Tabela 3.7. – Ganho de carbono no ecossistema, na conversão de pastagem em floresta – Distrito de Leiria (2001-2012).....	59
Tabela 3.8. - Variação anual de carbono no reservatório da biomassa total ( $\Delta C_B$ ), na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 ( $\Delta C_B$ de 2001) .....	61
Tabela 3.9. - Variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 ( $\Delta C_{DOM}$ de 2001).....	63
Tabela 3.10. – Variação anual de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 ( $\Delta C_{SO}$ de 2001).....	65
Tabela 3.11. – Perda de carbono no ecossistema na conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012).....	67
Tabela 3.12. – Balanço global de carbono, na conversão de pastagem em floresta e floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012).....	69

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de siglas

---

AFN – Autoridade Florestal Nacional

AFOLU - Agricultura, Florestas e Outros tipos de Uso do Solo

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

COS - Cartografia de Ocupação do Solo

DGF - Direção Geral de Florestas

DGT - Direção Geral do Território

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura)

GEE - Gases com Efeito de Estufa

ICNF – Instituto de Conservação da Natureza e Florestas

IFN – Inventário Florestal Nacional

IFN<sub>4</sub> – 4.º Inventário Florestal Nacional

IFN<sub>5</sub> – 5.º Inventário Florestal Nacional

IFN<sub>6</sub> – 6.º Inventário Florestal Nacional

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas)

NASA - National Aeronautics and Space Administration (Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço)

NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais

NIR - National Inventory Report on Greenhouse Gases (Inventário de Emissões Atmosféricas de Gases com Efeito de Estufa)

SoEF - State of Europe's Forests (Estado das Florestas da Europa)

UE - União Europeia

UNECE (ou ECE) - United Nations Economic Commission for Europe (Comissão Económica das Nações Unidas para a Europa)

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (Convenção  
Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima)

USGS - United States Geological Survey (Pesquisa Geológica dos Estados Unidos)

# Índice

---

<b>DEDICATÓRIA/HOMENAGEM</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b>	<b>XVII</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Alterações climáticas e emissões de GEE por setor de atividade</b>	<b>4</b>
<b>1.2. As florestas e o armazenamento de CO<sub>2</sub></b>	<b>6</b>
1.2.1. A floresta portuguesa em números	7
1.2.2. A desflorestação e suas causas	11
1.2.3. Armazenamento de CO <sub>2</sub> nas florestas	16
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
<b>2.1. Caracterização da área em estudo</b>	<b>21</b>
2.1.1. Localização geográfica	21
2.1.2. Extensão/População	22
2.1.3. Zona climática, geomorfologia, geologia e solos	22
2.1.4. Uso e ocupação do solo	23
<b>2.2. Dados da alteração florestal</b>	<b>30</b>
<b>2.3. Cálculo do balanço de carbono na alteração do uso do solo (ganho e perda de floresta)</b>	<b>33</b>
2.3.1. Equações gerais, para o cálculo da alteração anual de carbono, no setor da Agricultura, Florestas e Outros tipos de Uso do Solo	35
2.3.2. Metodologia usada na conversão de pastagem em floresta	36
2.3.3. Metodologia usada na conversão de floresta em pastagem	45

<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>53</b>
<b>3.1. Conversão de pastagem em floresta – Distrito de Leiria – 2001-2012</b>	<b>53</b>
3.1.1. Variação de carbono no reservatório da biomassa	53
3.1.2. Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta (resíduos vegetais)	55
3.1.3. Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico no solo	57
3.1.4. Resultados globais da variação de carbono – pastagem/floresta	58
<b>3.2. Conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria – 2001-2012</b>	<b>60</b>
3.2.1. Variação de carbono no reservatório da biomassa	60
3.2.2. Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta (resíduos vegetais)	63
3.2.3. Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico no solo	65
3.2.4. Resultados globais da variação de carbono – floresta/pastagem	67
<b>4. – CONCLUSÃO</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>85</b>

# 1. Introdução

---

As florestas possuem capacidade de captar o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera, retendo-o nos reservatórios da biomassa viva total, da matéria orgânica morta (resíduos vegetais) e do solo. Assim, o papel que as florestas desempenham é bastante importante no balanço global de carbono (Walker e Steffen, 1996). A nível mundial, estas contêm aproximadamente 80% do carbono terrestre da superfície e 40% do carbono subterrâneo (Dixon *et al.*, 1994). Deste modo a floresta dá um contributo significativo na mitigação das alterações climáticas.

Em conformidade com o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC), desde o fim da era pré industrial, nos finais do século XIX, começaram a verificar-se na atmosfera concentrações de Gases com Efeito de Estufa (GEE), substancialmente superiores às verificadas anteriormente (IPCC, 2007). Esta entidade tem apontado que os GEE de origem antropogénica, maioritariamente o CO<sub>2</sub>, são os principais responsáveis pelo efeito de estufa e, por conseguinte, pelas alterações climáticas.

O aumento da concentração de GEE na atmosfera tem origem nas atividades antropogénicas, em particular a queima de combustíveis fósseis e a produção de cimento, mas também o uso e ocupação do solo. No setor do uso e ocupação do solo, tem-se verificado uma mudança, que contribui com uma parcela significativa no aumento de GEE, embora menor do que na queima de combustíveis fósseis e produção de cimento (IPCC, 2007). No entanto a queima de matéria orgânica e a sua decomposição têm bastante peso na emissão de CO<sub>2</sub>, sendo que os fogos florestais são extremamente nocivos para o ambiente, tendo uma *quota* parte significativa na libertação de gases poluentes.

Face às observações que se têm vindo a verificar o contributo dado pelo agravamento das emissões de GEE, para o aumento da temperatura na Terra, traduz-se num problema ambiental preocupante para toda a humanidade, no presente século (Vieira *et al.*, 2010).

É cada vez mais premente que as emissões de GEE baixem, para que sejam minoradas as consequências que se têm vindo a verificar, no aumento da temperatura, tanto no ar ambiente, como no solo e nas águas do mar. Estas consequências têm implicações

associadas que se fazem sentir no aumento dos extremos de temperatura fria, aumento de temperaturas extremas quentes, aumento de precipitações mais fortes em algumas zonas do globo, bem como subida do nível das águas do mar e redução do gelo oceânico do Ártico (IPCC, 2013).

As alterações que ocorrem no uso e ocupação do solo afiguram-se como uma temática relevante e de primordial importância em domínios que se prendem com o ordenamento do território e a monitorização ambiental, entre outros (Barbeiro *et al.*, 2013).

A avaliação da evolução do uso e ocupação do solo conduz ao entendimento das causas ou fatores que têm contribuído para a sua alteração e, também dos impactos a eles inerentes (Antrop, 1998; Sundell-Turner e Rodewald, 2008; Poças *et al.*, 2011; Meneses, 2013).

Todos os setores de atividade dão o seu contributo para o aumento das emissões atmosféricas de GEE, embora uns com peso mais significativo do que outros. A nível global, dados respeitantes a 2010, mostram que o contributo dado pelo setor da Agricultura, Florestas e Outros tipos de Uso do Solo (AFOLU) é da ordem de 24% (emissões líquidas); os dados respeitantes às emissões deste setor incluem emissões terrestres de CO<sub>2</sub> dos incêndios florestais, e também incêndios ocorridos na turfa e decadência desta espécie vegetal (IPCC, 2013). A nível nacional, os dados mais recentes do Inventário de Emissões Atmosféricas de Gases com Efeito de Estufa (NIR) - National Inventory Report, mostram que as florestas e o uso e alteração do uso do solo contribuem para a remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera (APA, 2014).

No seu todo, as florestas são muito importantes para o equilíbrio do reservatório de carbono global, uma vez que retêm não só na biomassa viva das suas árvores, abaixo e acima do solo, como também no solo, incluindo a matéria orgânica morta, mais carbono do que o que existe, presentemente, na atmosfera.

Quando as florestas são cortadas, a maior parte do carbono (C) retido nas árvores é libertado para a atmosfera, de forma mais ou menos rápida, consoante as árvores sejam usadas para queimar ou sujeitas a decomposição lenta, no caso de restos de árvores (Houghton, 1994). Verifica-se que, em alguns casos, o desflorestamento ocorre em larga escala, não se verificando a reposição da floresta na mesma proporção, o que tem

inconvenientes em termos ambientais, uma vez que deixa de haver captação de dióxido de carbono do ambiente, não ocorrendo contributo para o aumento do reservatório de C nas árvores e nos respetivos solos.

É de primordial importância que a floresta capte do ar grandes quantidades de CO<sub>2</sub>, por forma a evitar que este gás participe no efeito de estufa ou dê um contributo para que este efeito seja minorado. Os ecossistemas terrestres, apesar de não conseguirem fazer o reequilíbrio do balanço de carbono na Terra, têm funcionado como reservatórios de carbono. A reposição da floresta perdida é importante uma vez que, enquanto em crescimento, assimila mais carbono do que aquele que usa para a respiração do ecossistema.

No entanto, a dinâmica de alteração do uso e ocupação do solo no território português é bastante acentuada, sendo uma das maiores da Europa. Embora a floresta demonstre uma grande resiliência às perturbações a que tem vindo a ser sujeita, nomeadamente a fogos e cortes, a sua área tem vindo, aparentemente, a diminuir. Segundo os resultados preliminares do 6.º Inventário Florestal Nacional (IFN<sub>6</sub>), a área de pinheiro sofreu uma baixa, desde a década de 1980, na ordem de 17 mil ha ano<sup>-1</sup>, dando lugar, maioritariamente, a matos. Na área de eucalipto tem-se verificado um aumento que ronda 6 mil ha ano<sup>-1</sup>, concentrando-se nas zonas mais produtivas (AFN, 2013; AFN, 2015).

A taxa anual de alteração da área de floresta em Portugal é de -0,3%. Face a esta constatação a estratégia florestal aponta para que a perda, que se tem vindo a verificar, seja contrariada e se assegure um desenvolvimento equilibrado da ocupação da floresta no território nacional (AFN, 2013). Contudo, dados mais recentes do NIR, baseados nos novos dados da Cartografia de Ocupação do Solo (COS), ainda não disponíveis, mostram um ligeiro aumento das áreas florestais, a nível nacional (APA, 2014).

Não obstante, a realidade regional é distinta e não existem, atualmente, dados recentes, já que os resultados do IFN<sub>6</sub> são preliminares e não estão segregados a esta escala.

Através da consulta da recente plataforma *online* “Global Forest Watch”, criada pela Universidade de Mariland, Pesquisa Geológica dos Estados Unidos (USGS) - United States Geological Survey, Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (NASA)

- National Aeronautics and Space Administration, e Google, constatou-se que, no intervalo de tempo de 12 anos, compreendido entre janeiro de 2001 e dezembro de 2012, o distrito de Leiria viu desaparecer cerca de 31 462 ha de floresta, que não foi totalmente recuperada, uma vez que apenas ganhou 21 576 ha de nova floresta, Hansen *et al.*, (2013a). Destes dados verifica-se um défice de 9886 ha de floresta que, em termos percentuais, é da ordem de 31,422%.

Esta constatação serviu de motivação para que, no âmbito do Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, se estudassem as implicações que estas alterações de áreas florestais teriam no sequestro de CO<sub>2</sub>, ou melhor dizendo, no reservatório de carbono dessas áreas.

Assim, o presente projeto teve por objetivo estimar o balanço entre a emissão e a remoção de CO<sub>2</sub>, associado à alteração do uso e cobertura do solo, particularizando o caso das florestas, no distrito de Leiria, nomeadamente a alteração de e para a floresta, no período entre 2001 a 2012, assumindo que a conversão ocorreu com a pastagem. Para esta estimativa, recorreu-se aos guias para os inventários nacionais sobre gases com efeito de estufa, relativos ao setor da Agricultura, Florestas e Outros tipos de Uso do Solo - Agriculture, Forestry and Other Land Use (IPCC, 2006a).

## **1.1. Alterações climáticas e emissões de GEE por setor de atividade**

“Alteração climática é qualquer alteração temporal do estado do sistema climático, quer devido à variabilidade natural, quer devido às atividades humanas” (IPCC, 2006b). Complementando esta citação, o IPCC define a mudança climática como uma variação, estatisticamente significativa, em um parâmetro climático médio ou sua variabilidade, persistindo num período extenso (tipicamente décadas ou por um espaço temporal ainda maior). A mudança climática pode ser devida a processos naturais ou a forças externas, ou devido a mudanças persistentes, causadas pela ação do homem, tanto na composição da atmosfera como do uso do solo. Já segundo a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima - United Nations Framework Convention on Climate Change

(UNFCCC): “Alteração climática é a alteração do clima que é atribuída, direta ou indiretamente, às atividades humanas que modificam a composição global da atmosfera, e que está em adição à variabilidade climática natural, em períodos de tempo comparáveis”, o que veio complementar a definição inicial do IPCC.

As alterações climáticas ocorrem em todo o Planeta, são resultado da evolução social que se tem verificado e um problema comum a toda a humanidade, que terá que ser assumido e resolvido, conjuntamente com todos os organismos responsáveis.

Tendo aumentado a concentração de GEE nos últimos duzentos anos, em particular o CO<sub>2</sub>, muito trabalho tem que ser realizado no sentido de o mitigar, por não se dissociar da promoção do aquecimento global, que tem como consequência mudanças no clima. O aumento da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera é elevado tendo subido de 315,7 partes por milhão (ppm) em 1958 para cerca de 400 ppm em 2013, o que corresponde aproximadamente a um aumento 0,5% ao ano, subida sem precedentes na história do nosso Planeta (Pereira, 2014).

No que respeita à contribuição dos setores de atividade para as emissões atmosféricas de GEE, dados recentes, referentes a 2010, mostram que o setor da energia é que mais contribui (35%), seguido dos setores de AFOLU (24%), da indústria (21%), dos transportes (14%) e da construção (6,4%) (IPCC, 2013). A nível nacional, dados do NIR, mostram que a Agricultura contribui com 10%, enquanto as Florestas e o Uso e Alteração do Uso do Solo contribuem para a captura de CO<sub>2</sub> da atmosfera (APA, 2014). Embora os dados, respeitantes às emissões do setor AFOLU, incluam emissões terrestres de CO<sub>2</sub>, não só inerentes aos incêndios florestais, como também aos incêndios ocorridos na turfa e decadência da mesma, a percentagem em que ocorreu é elevada, sendo desejável que o seu valor seja minorado. É perceptível que, embora os fogos tenham sido um flagelo, também os cortes de arborização para a indústria ocorreram em larga escala e, eventualmente, não terão sido repostos na mesma proporção.

Apesar de as florestas capturarem CO<sub>2</sub>, as alterações climáticas poderão ser bastante nocivas, pois podem afetar, não só a vida de algumas espécies como a produção das florestas. O aquecimento do globo interfere na atividade de crescimento das plantas que nascem mais cedo e são induzidas a crescer por um intervalo de tempo maior.

Há outras implicações inerentes à subida da temperatura, uma vez que a respiração de todo o ecossistema também pode aumentar e a matéria orgânica decompor-se mais rapidamente, adicionando ao ar atmosférico maior quantidade de CO<sub>2</sub>, o que, implicitamente, reduz o reservatório de carbono (Pereira, 2014).

Ao aquecimento atribui-se a deterioração do balanço de carbono regional, com contributo, não só no aumento da gravidade dos incêndios, como na sua extensão. Atendendo a que a respiração do ecossistema, quando a temperatura é mais elevada, aumenta mais do que aumenta a fotossíntese, pode haver diminuição do carbono da planta.

Particularmente a nível da floresta, constata-se o aumento da mortalidade de árvores, em muitas zonas de todo o mundo, tendo sido atribuída às mudanças climáticas, em algumas das regiões onde se verificou. Os aumentos na frequência e intensidade dos distúrbios do ecossistema, que se têm vindo a verificar, nomeadamente secas, tempestades, incêndios e surtos de pragas, em muitas zonas do globo atribuem-se à variação climática (IPCC, 2013).

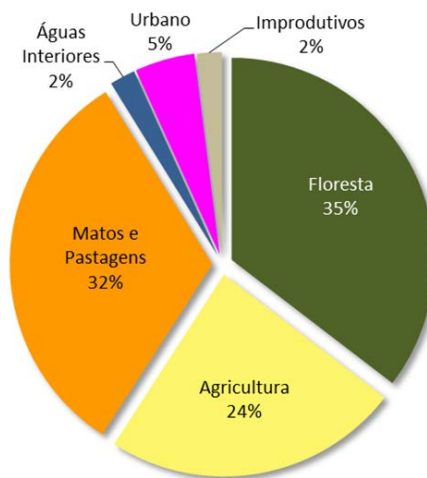
## **1.2. As florestas e o armazenamento de CO<sub>2</sub>**

É sobejamente conhecida a importância que as florestas têm para a vida na Terra. Enquanto ecossistema têm um importante papel na conservação da biodiversidade, tanto vegetal como animal, que acolhem, e contribuem para o equilíbrio ambiental; também oferecem um particular contributo para o equilíbrio da biosfera, pois têm papel preponderante no ciclo global do carbono, por terem a capacidade de armazenar CO<sub>2</sub>.

## 1.2.1. A floresta portuguesa em números

### Distribuição dos usos do solo

Consultaram-se os resultados nacionais preliminares do IFN<sub>6</sub>, relativos ao ano de 2010, para conhecimento das áreas por uso do solo e respectivas percentagens (AFN, 2013), por traduzirem uma realidade mais próxima, no que se prende com o uso do solo, em Portugal Continental (Figura 1.1).



**Figura 1.1.** – Distribuição dos usos do solo, em Portugal Continental, para 2010. Fonte: AFN (2013).

Constata-se que, em 2010, o uso florestal do solo em Portugal continental domina todas as classes de uso do solo, ocupando uma extensão territorial de aproximadamente 35%; esta percentagem de uso florestal é relevante e integra Portugal na média dos 27 países da União Europeia (UE) (37,6%; FOREST EUROPE *et al.* (2011)).

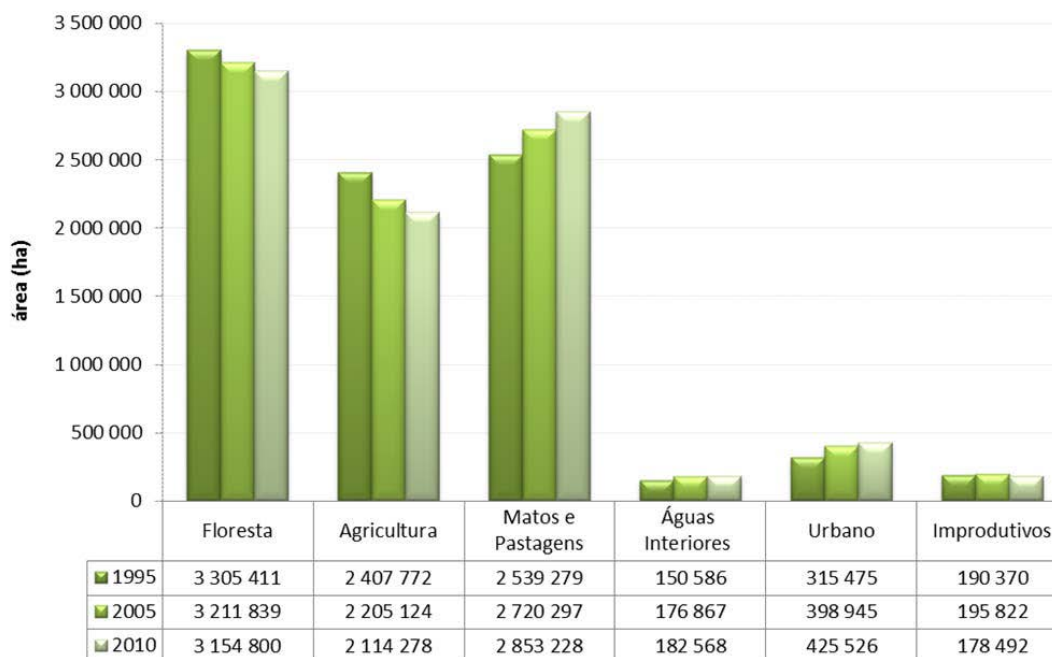
De salientar que as áreas de uso florestal incluem as superfícies arborizadas, que correspondem aos designados povoamentos florestais, e as superfícies temporariamente desarborizadas, que correspondem a zonas ardidadas cortadas e em regeneração, que se prevê recuperação do seu coberto florestal num intervalo de tempo relativamente curto.

A classe, com maior área de uso do solo, que se lhe segue, ocupa uma extensão territorial de ca. 32%, com matos e pastagens, sendo que, a esta classe, corresponde c.a. 48% de pastagem. Em terceiro lugar figuram as áreas agrícolas que ocupam 24% do território continental. Obviamente as três classes, águas interiores, urbano e

improdutivos, ocupam áreas com significado menos relevante e, por não fazerem parte do âmbito deste relatório, não são abordadas.

### **Evolução dos usos do solo em Portugal**

Fazendo uma retrospectiva, respeitante à evolução dos usos do solo em Portugal continental apresenta-se a figura 1.2., excerto do mesmo estudo.

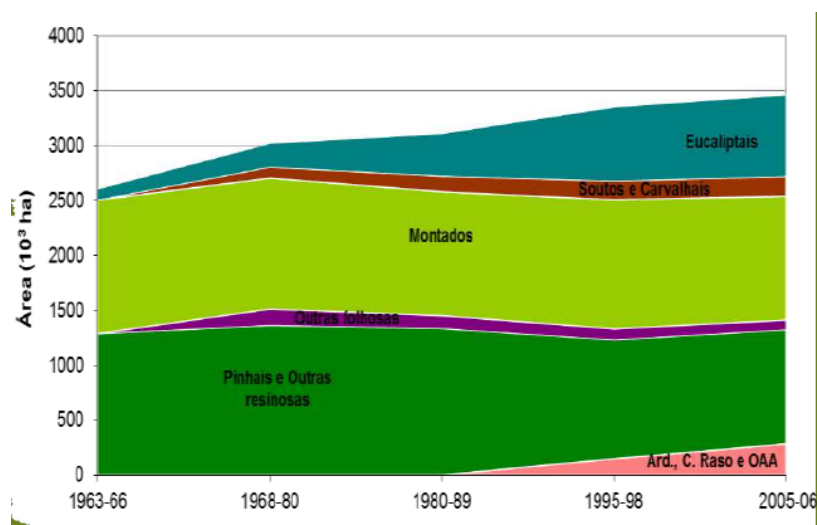


**Figura 1.2.** - Evolução dos usos do solo em Portugal continental. Fonte: AFN (2013).

Verifica-se que a floresta diminuiu no intervalo de tempo compreendido entre 1995 e 2010, da ordem de 4,56%, sendo que no lustro 2005-2010 a amplitude percentual (ca. 1,776%) é menor que a respeitante ao lustro anterior (ca. 2,831%). Paralelamente, verifica-se um crescimento de matos e pastagens da ordem de 11,003%, para o mesmo intervalo de tempo, subdividida em ca. 6,654%, para o primeiro lustro e ca. 4,659%, para o segundo.

No intervalo de 1995-98 a 2010, verifica-se que a área de pinheiro-bravo sofreu uma variação negativa de ca. 13%, enquanto o eucalipto compensou aquela perda, uma vez que sofreu uma variação positiva de ca. 16% (Pereira, 2014).

A figura 1.3., excerto do Relatório Final do 5.º Inventário Florestal Nacional (IFN<sub>5</sub>), indica a evolução da ocupação florestal entre os Inventários Florestais Nacionais (IFNs).



**Figura 1.3.** – Evolução da ocupação florestal entre os IFNs. Fonte: AFN (2010).

Esta figura atesta que a área ocupada por eucalipto tem vindo a aumentar, enquanto que a área ocupada por pinheiros e outras resinosas diminuiu, sendo que outras folhosas e soutos e carvalhais ocupavam, para cada tipo de povoamento em particular, áreas relativas semelhantes, nos anos iniciais do inventário que se irá trabalhar.

De acordo com o IFN<sub>5</sub>, no distrito de Leiria, a floresta ocupa ca. 65,1% (AFN, 2010). Do restante tipo de arborização a mais frequente é a de eucalipto, seguida da de carvalho e de outras folhosas, de valores ca. 30,2%, ca. 3,3% e ca. 1,4%, respetivamente. Os outros tipos de povoamento são residuais.

Numa tentativa de perceber que alteração sofreu a floresta do distrito de Leiria, no período de 2001 a 2012, a que se refere o presente relatório, e na falta de dados disponíveis para um período mais alargado, fez-se um estudo comparativo. Assim estabeleceu-se o paralelo entre os dados fornecidos pelo 4.º Inventário Florestal Nacional (IFN<sub>4</sub>) 1995-1998 (DGF, 2001), e o IFN<sub>5</sub> 2004-2006 (AFN, 2010), no que se prende com a área de ocupação do solo pela floresta; estes dados apresentam-se na tabela 1.1.

**Tabela 1.1.** – Área de ocupação do solo pela floresta, no distrito de Leiria. Fontes: DGF (2001) e AFN (2010)

IFN <sub>4</sub> – 1995-1998		
Distrito	Uso do Solo	Área (ha)
Leiria	Floresta	164 091

IFN <sub>5</sub> – 2004-2006		
Distrito	Uso do solo	Área (ha)
Leiria	Floresta	165 237

Constata-se que, na década de 1995 a 2005, a floresta teve um aumento, embora pouco significativo, da ordem de 328 ha.

Paralelamente estabeleceu-se a comparação entre os dados fornecidos por estes dois inventários, no que diz respeito às áreas de ocupação do solo pelas duas espécies florestais mais representativas no distrito, que se apresentam na tabela 1.2.

**Tabela 1.2.** – Área de ocupação do solo pelas duas espécies florestais mais representativas, no distrito de Leiria. Fontes: DGF (2001) e AFN (2010)

IFN <sub>4</sub> – 1995-1998		
Distrito	Espécie dominante	Área (ha)
Leiria	Pinheiro-bravo	105 347
	Eucalipto	36 660

IFN <sub>5</sub> – 2004-2006		
Distrito	Espécie dominante	Área (ha)
Leiria	Pinheiro bravo	98 014
	Eucalipto	45 500

Pese embora se tenha verificado o aumento da área de floresta, na globalidade, nesta década, consta-se que a área de pinheiro bravo diminuiu em 7333 ha, enquanto a área de eucalipto aumentou em 8840 ha, o que permitiu manter as áreas florestais equilibradas nesta década, com o ligeiro aumento já apontado acima.

A perda de floresta que se verificou no período de 2001 a 2012 (Hansen *et al.*, 2013a), poderá estar associada não só aos incêndios e corte de pinheiros, como ao corte de eucaliptos para a indústria, particularmente da pasta de papel, dado que a sua área sofreu um aumento na década de 1995 a 2005. Contudo, quando os dados do INF<sub>6</sub>, a nível regional, estiverem disponíveis, poder-se-á aferir se a perda encontrada pela metodologia de Hansen *et al.* (2013a) se verifica.

## 1.2.2. A desflorestação e suas causas

A desflorestação tem sido efetuada pelo Homem ao longo de séculos para desenvolver as suas atividades, nomeadamente de busca de solo para cultivar e apascentar os seus animais, em tempos mais recuados, mas também de zonas urbanizáveis e construção de zonas industriais, mais recentemente (Williams, 2003).

No fim da Idade Média a floresta da bacia mediterrânica estava depauperada, sendo que ao longo do tempo foi variando conforme as necessidades de matéria-prima. Neste período o território de Portugal estava bastante desarborizado (Sousa, 1994). Posteriormente à primeira Revolução Industrial, já no século XIX, é que a floresta começou a aumentar.

Em Portugal os descobrimentos deram lugar ao corte indiscriminado de madeira de boa qualidade, para a construção naval. Parte da floresta do interior norte do distrito de Leiria foi cortada e não reposta em percentagem equivalente. Só no início do século XX se replantou a floresta, de forma ordenada, um pouco por todo o país, sendo quase da exclusiva competência do Estado (Baptista, 2010), sendo que se pretendia que a função protetora da floresta fosse mais eficaz na correção da torrente dos rios do centro do país, nomeadamente do Lis (Pereira, 2014).

Segundo Tereso (2012) as alterações no coberto florestal foram tendo uma dinâmica na qual o Homem teve parte ativa crescente, em que as fases de recuperação da floresta se sucederam às fases de desflorestação. No entanto nem só o abate tem sido a causa de desflorestação. Em Portugal, atualmente, os fogos florestais são o problema com mais peso com que se deparam os organismos responsáveis, havendo também um contributo dado pelas pragas que ocorrem na silvicultura, nomeadamente a do Nemátode da madeira de pinheiro (pine wood nematode - PWN), que há anos vem a diminuir esta subespécie florestal. Com menor peso, também as intempéries dão o seu contributo na problemática da desflorestação.

## **O problema dos fogos**

As florestas são essencialmente alvo de atenção da sociedade, durante o período de verão, aquando da existência de incêndios florestais, pois o fogo faz parte integrante de muitos ecossistemas (Bento-Gonçalves *et al.*, 2012) tendo, nos ecossistemas do Mediterrâneo, um papel marcante pelas suas características climáticas (Pausas e Vallejo, 1999).

Em Portugal muitos autores se debruçaram sobre a relação entre as características climáticas e meteorológicas do território português com as ocorrências dos incêndios (Rebello, 1980; Lourenço, 1988 e 1991; Lourenço e Gonçalves, 1990; Viegas e Viegas, 1994; Pereira *et al.*, 2005; Carvalho *et al.*, 2008). No entanto o perfil do clima mediterrâneo português, por si só, não justifica, nem o número excessivo de incêndios nem as áreas ardidadas que se verificaram ao longo das últimas décadas (Nunes, 2012; Nunes *et al.*, 2013).

Um fogo florestal é sempre nocivo para o ambiente, pelo impacto ecológico, impacto na qualidade do ar e emissão de GEE, tendo efeitos que dependem da intensidade e rapidez com que se propaga, dos fatores meteorológicos (humidade e temperatura), do tipo de floresta (grau de combustão) e da inclinação do terreno. Os efeitos que resultam do incêndio podem fazer-se de forma direta ou indireta e em vários níveis (Chambel, 2005).

Os efeitos diretos, a nível do solo, traduzem-se na perda, por combustão, da camada de detritos vegetais e de matéria orgânica que não serão repostos a mínimo prazo, contribuindo para a erosão; os efeitos indiretos dizem respeito ao desaparecimento do coberto vegetal (Chambel, 2005).

As plantas mais exigentes, podem não resistir ao fogo ou não recuperar do seu efeito havendo, no entanto, espécies que resistem melhor e recuperam mais rapidamente que outras. Destas espécies o pinheiro bravo é bastante importante uma vez que tem capacidade para recuperar a 75%; também as variedades *Quercus*, às quais o carvalho pertence, devido ao efeito isolante da sua casca, resistem melhor ao calor e regeneram a copa queimada com mais facilidade (Chambel, 2005).

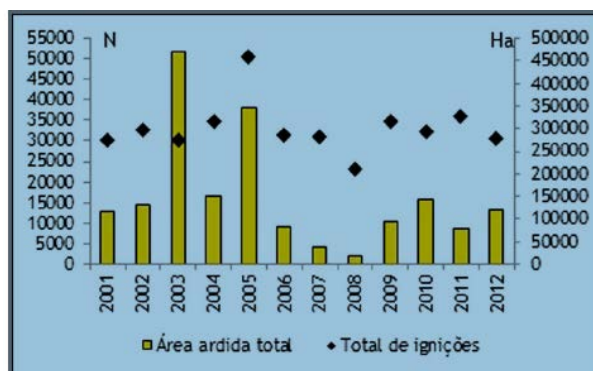
Embora os regimes de fogo tenham tido uma evolução natural ao longo dos tempos, nas últimas décadas o ser humano teve uma responsabilidade muito grande nessa evolução. Verifica-se que a grande maioria dos incêndios florestais é causada por atividades humanas e apenas uma pequena parte por causas naturais (FAO, 2001). Por outro lado, um número relativamente pequeno de incêndios é responsável pela maioria da área ardida (Strauss *et al.*, 1989).

Os fogos florestais têm sido um problema bastante preocupante para os organismos responsáveis e intervenientes, no sentido de fazer estimar as emissões de CO<sub>2</sub>, em todos os países que integram o grupo mundial, com o objetivo de minorar a emissão de GEE, responsável pelo aquecimento global e implícitas alterações climáticas. Da análise da tabela 1.3., constata-se que o número de ocorrências de área ardida em Portugal continental, se aproxima do triplo, do decénio 1981-1990 para os decénios seguintes, enquanto a área ardida, progride em ca. 26,0% e ca.78,0%, relativamente àquele decénio, respetivamente, para os dois decénios seguintes.

**Tabela 1.3.** – Número de ocorrências e de área ardida dos grandes incêndios florestais (GIF) - ( $\geq 100$  ha) - em Portugal continental, por decénios. Fonte: AFN (2012)

Década	Ocorrências (nº)	Área ardida (ha)	GIF (nº)	GIF (%)	Área ardida GIF (ha)	Área ardida GIF (%)	AA média GIF
1981-1990	82 198	827 787	1 281	1,6	563 950	68,1	440
1991-2000	245 866	1 044 383	1 616	0,7	696 216	66,7	431
2001-2010	254 023	1 474 453	1 733	0,7	1 164 748	79,0	672

A figura 1.4., traduz o número de ignições e a área total ardida, entre 2001 e 2012, e vai ao encontro dos valores apresentados na tabela 1.3., correspondendo a 400 000 ignições e uma área ardida superior a 1 790 000 ha.



**Figura 1.4.** - Evolução do número de ocorrências e da respectiva área ardida em Portugal - 2001-2012.

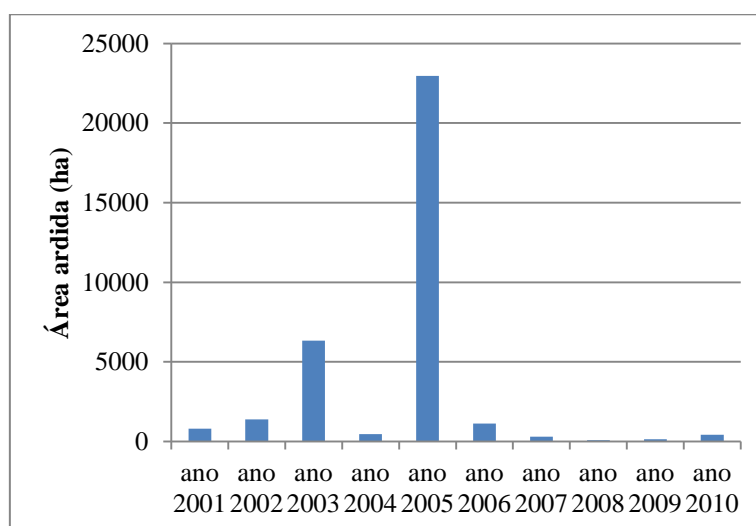
Fonte: APRPS (2014).

A tabela 1.4. e a figura 1.5., apresentam a evolução das áreas ardidas no Distrito de Leiria, entre 2001 e 2010 (AFN, 2011).

**Tabela 1.4.** - Áreas ardidas, nos povoamentos do distrito de Leiria – 2001-2010. Fonte: AFN (2011)

Distrito	Ano	Área ardida (ha)	Ano	Área ardida (ha)
Leiria	2001	804,3	2006	1120,9
	2002	1387,7	2007	299,0
	2003	6333,7	2008	83,4
	2004	460,7	2009	135,0
	2005	22966,9	2010	422,4

Como se pode verificar, o ano com mais peso na área ardida, refere-se a 2005.



**Figura 1.5.** - Áreas ardidas, nos povoamentos do distrito de Leiria - 2001-2010. Fonte: AFN (2010).

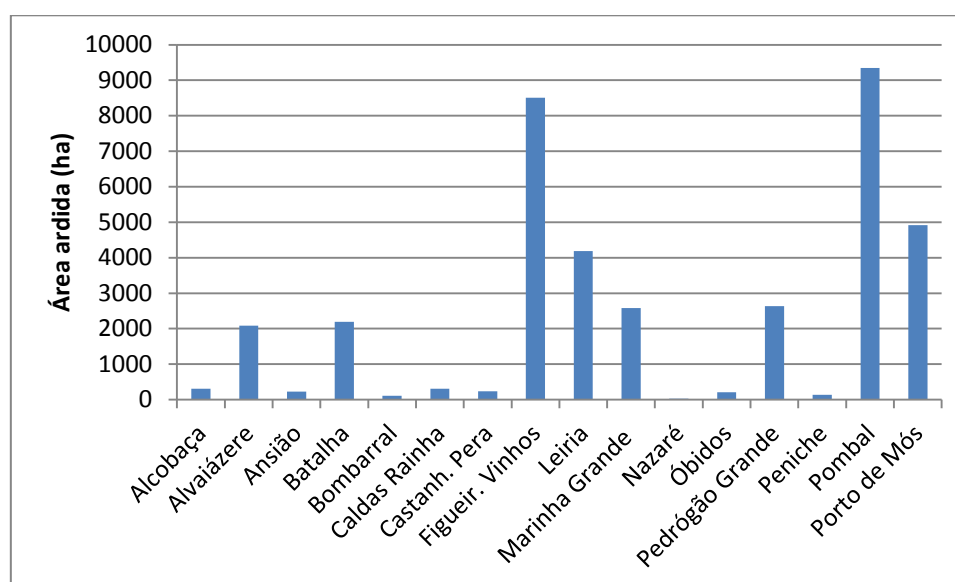
A soma da área ardida no distrito de Leiria, no intervalo de tempo de 2001 a 2010, perfaz 34 014 ha. Em conformidade com a tabela 1.4., a área ardida a nível nacional, no mesmo intervalo de tempo, é de 1 474 453 ha, embora se refira, somente, a grandes incêndios, com área ardida  $\geq 100$  ha; atendendo a esta circunstância e apesar de a comparação poder ser pouco fiável, o contributo dado pelo distrito de Leiria poderá rondar ca. 2,5%, do total nacional.

As áreas dos povoamentos ardidos, por concelho, apresentam-se na tabela 1.5. e figura 1.6.

**Tabela 1.5.** – Áreas ardidadas por concelho, nos povoamentos do distrito de Leiria - 2001-2010. Fonte: AFN (2011)

<b>Concelhos</b>	<b>Alcobaça</b>	<b>Alvaiázere</b>	<b>Ansião</b>	<b>Batalha</b>
Áreas (ha)	306,0610	2081,0930	228,9674	2196,2400
<b>Concelhos</b>	<b>Bombarral</b>	<b>Caldas Rainha</b>	<b>Castanheira Pera</b>	<b>Figueiró Vinhos</b>
Áreas (ha)	105,2968	312,1469	240,0789	8508,4230
<b>Concelhos</b>	<b>Leiria</b>	<b>Marinha Grande</b>	<b>Nazaré</b>	<b>Óbidos</b>
Áreas (ha)	4182,7170	2584,1100	26,7677	207,3579
<b>Concelhos</b>	<b>Pedrógão Grande</b>	<b>Peniche</b>	<b>Pombal</b>	<b>Porto de Mós</b>
Áreas (ha)	2630,8290	134,1274	9343,2490	4914,9200

O concelho de Pombal, seguido do de Figueiró dos Vinhos, foram os concelhos que deram o maior contributo na área ardida do distrito de Leiria, na década em causa.



**Figura 1.6.** - Área ardida, por concelho, nos povoamentos do distrito de Leiria - 2001-2010. Fonte: AFN (2010)

### 1.2.3. Armazenamento de CO<sub>2</sub> nas florestas

Recentemente estimou-se em  $861 \pm 66$  Pg de carbono, o reservatório de carbono nas florestas, encontrando-se na biomassa viva cerca de 42% ( $363 \pm 28$  Pg C) daquele valor (Pan *et al.*, 2011).

É nos solos das zonas mais frias que os microrganismos do solo funcionam mais lentamente, limitando a libertação de CO<sub>2</sub> tornando-os como reservatórios de carbono mais eficazes. Como o carbono do solo é sensível às temperaturas, o aquecimento global tem-se traduzido no aumento da libertação GEE para a atmosfera, em particular o CO<sub>2</sub> (Goulden *et al.*, 1998; Karhu *et al.*, 2010; Deluca e Boisvenue, 2012).

Relativamente ao sequestro de carbono, as florestas dão um contributo para a remoção anual de CO<sub>2</sub> da atmosfera de aproximadamente 1,8 Pg C, o que corresponde a 40% das emissões anuais antropogénicas de GEE (Stephens *et al.*, 2007).

A tabela 1.6., que se refere ao carbono armazenado na arborização portuguesa (incluindo a biomassa aérea e subterrânea das árvores), em povoamentos puros, mistos dominantes, mistos dominados, jovens puros/dominantes e dispersos (AFN, 2010), traduz a relevância relativa dos povoamentos portugueses, onde se destaca o pinheiro-bravo.

**Tabela 1.6.** - Armazenamento global de C nas florestas portuguesas. Fonte: AFN (2010)

Espécie florestal	C de árvores total (kton)	CO <sub>2</sub> equivalente total (kton)
Pinheiro-bravo	24 845	91 098
Eucaliptos	18 126	66 462
Sobreiro	17 463	64 029
Azinhreira	5336	19 564
Carvalhos	3264	11 966
Pinheiro-manso	2663	9763
Acácias	358	1313
Outras folhosas	2495	9147
Outras resinosas	482	1766
Total	76 233	279 519

A tabela 1.7., diz respeito ao carbono armazenado na arborização portuguesa por unidade de área (incluindo a biomassa aérea e subterrânea das árvores), em povoamentos puros, os mais frequentes em Portugal (AFN, 2010).

**Tabela 1.7.** - Armazenamento de C nas florestas portuguesas. Fonte: AFN (2010)

<b>Zona</b>	<b>Espécie florestal</b>	<b>Composição</b>	<b>CO2 eq. total t/ha</b>
PT - Portugal	Pinheiro bravo	Puro	100,1
	Eucaliptos		79,9
	Sobreiro		87,8
	Azinhiera		41,4
	Carvalhos		60,5
	Pinheiro-manso		83,1
	Acácias		84,3
	Outras folhosas		97,2
	Outras resinosas		86,9

Consta-se ser o pinheiro-bravo a espécie florestal que armazena maior quantidade de C, por hectare de povoamento, imediatamente seguido de outras folhosas.

### **1.3. Alteração do uso do solo e implicações nas emissões/remoções de CO<sub>2</sub>**

Tem-se vindo a assistir a um aumento da alteração do uso e ocupação antropogénico do solo, a um ritmo acelerado, com implicações na emissão/remoção de CO<sub>2</sub>. O impacto imediato desta alteração, traduz-se no inequívoco aquecimento do sistema climático (IPCC, 2013). Esta circunstância é um motivo bastante preocupante para a comunidade científica no que se refere à mudança ambiental global (Lambin e Geist, 2006). A nível global, verifica-se um contributo do setor AFOLU de ca. 24%, para as emissões de GEE, tendo, no entanto, a agricultura um peso de 10%, como referido nos pontos 1. e 1.1., respetivamente.

Em qualquer alteração de uso do solo os reservatórios de carbono que são perturbados, são três e dizem respeito à biomassa, considerada no seu todo (abaixo e acima do solo), à matéria orgânica morta (resíduos vegetais) e ao solo.

Vários estudos realizados, seja a nível mais restrito, seja a nível mais amplo, incluindo metanálises, mostram que os comportamentos, nas alterações de uso do solo, são geralmente consentâneos.

Assim, nas conversões de Outros tipos de Uso do Solo para Floresta o comportamento típico é de captura de CO<sub>2</sub> para o ecossistema (IPCC, 1996; Boscolo e Buongiorno, 1997; Fearnside *et al.*, 1999; Kauffwan *et al.*, 1994; Woomer *et al.*, 1998; APA, 2014). Inversamente, quando ocorre conversão de Floresta para Outros tipos de Uso do Solo o comportamento típico é de liberação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Mann, 1986; Davidson e Ackerman, 1993; McGuire *et al.*, 2001; Houghton, 1996, 1998; Houghton *et al.*, 1999; Pacala *et al.*, 2001; APA, 2014).

No entanto, a perda de carbono, quando a conversão se verifica de floresta para agricultura, é maior que a perda de carbono quando a conversão se verifica de floresta para pastagem (Schulp, *et al.*, 2008), o que permite inferir ter a pastagem maior capacidade para armazenar CO<sub>2</sub> que a agricultura, nomeadamente no solo.

Não obstante a estes comportamentos globais, o reservatório de carbono do solo é o que pode apresentar comportamentos distintos numa mesma conversão; estes comportamentos são condicionados pelo clima, no que diz respeito a: temperatura e pluviosidade; tipo de espécies florestais e respetiva idade; tipo de solo do povoamento; espessura e inclinação do solo (Guo *et al.*, 2001). Regra geral nas conversões de Outros tipos de Uso do Solo para Floresta o comportamento mais típico é o de armazenamento de carbono pelo solo (Bashkin e Binkley, 1998; Li *et al.*, 2012; Foley *et al.*, 2005; Bala *et al.*, 2007; Yonekura *et al.*, 2012; Muñoz-Rojas *et al.*, 2012).

Inversamente, quando ocorre conversão de Floresta para Outros tipos de Uso do Solo o comportamento já parece ser mais variável em função dos fatores edafo-climáticos acima referidos. Por exemplo, na conversão de floresta em pastagem, Guo e Gifford (2002) na sua metanálise encontraram que o solo tende a perder carbono em zonas de precipitação inferior a 1000 mm anuais e superiores a 3000 mm anuais. Entre os 1000 mm e os 3000 mm a tendência é de ganho de carbono (Guo e Gifford, 2002). Particularmente em zonas mediterrânicas, a desflorestação tende a levar a perdas significativas de carbono do solo (Muñoz-Rojas *et al.*, 2012).

É de salientar que, geralmente, o reservatório de carbono orgânico no solo agrícola é inferior aos reservatórios de carbono orgânico no solo, tanto em floresta como em pastagem (Schulp *et al.*, 2008). Estudos feitos, neste sentido, permitiram concluir ter a pastagem efeito positivo no reservatório de carbono, uma vez que este é,

comparativamente, superior ao do solo agrícola, da ordem de 50%, (Guo e Gifford, 2002), o que prova a maior eficiência na captação de CO<sub>2</sub> da pastagem, relativamente aos solos agricultados.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

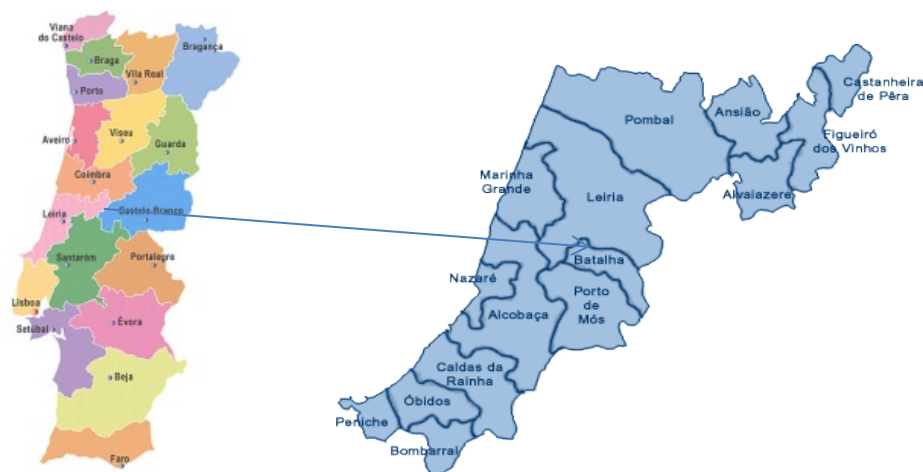
## 2. Materiais e Métodos

---

### 2.1. Caracterização da área em estudo

#### 2.1.1. Localização geográfica

A área em estudo engloba toda a extensão do distrito de Leiria, no continente de Portugal, predominantemente na província tradicional da Estremadura, embora, na parte norte, integre uma parte da província tradicional da Beira Litoral. Limita a norte com o distrito de Coimbra, a leste com o distrito de Castelo Branco e com o distrito de Santarém, a sul com o distrito de Lisboa e a oeste com o oceano Atlântico.



**Figura 2.1.** – Localização geográfica do distrito de Leiria, no continente de Portugal. Fonte: Mapas de Portugal

A presente divisão principal do país, integra o distrito na sua totalidade na Região Centro, encontrando-se os seus dezasseis municípios distribuídos pelas sub-regiões do Oeste, Pinhal Litoral e Pinhal Interior Norte. De salientar que as sub-regiões do Oeste foram transferidas para a Região Centro em 2002, com a inerente redução da área da Região de Lisboa e Vale do Tejo.

## **2.1.2. Extensão/População**

O distrito de Leiria estende-se, de forma geometricamente irregular, bastante recortada (mais no interior que na linha de costa), por uma área considerável, da ordem de 3506km<sup>2</sup>, sendo o décimo terceiro maior distrito português e acolhendo uma população residente de 470 930 habitantes, segundo os Censos de 2011. No entanto, a população distribui-se de uma forma muito pouco uniforme; a zona interior apresenta valores baixos de densidade populacional nomeadamente no nordeste do distrito, ao contrário do que acontece na zona, litoral, particularmente a cidadina, em que os valores são elevados. Concretizando, os concelhos de Pedrógão Grande e Figueiró dos Vinhos apresentam densidades populacionais de 34,00 hab km<sup>-2</sup> e 35,57 hab km<sup>-2</sup>, respetivamente, e o concelho de Peniche, o mais litoral e localizado a sul, apresenta uma densidade populacional de 357,87 hab km<sup>-2</sup> suplantando a capital de distrito (224,54 hab km<sup>-2</sup>), Marinha Grande (206,57 hab km<sup>-2</sup>) e Caldas da Rainha (202,31 hab km<sup>-2</sup>).

## **2.1.3. Zona climática, geomorfologia, geologia e solos**

A geografia de Portugal Continental é dominada por uma mistura de influências, tanto Atlântica como Mediterrânica, sendo que a influência Atlântica domina a parte norte do país e a influência Mediterrânica domina a parte sul; estas influências traduzem-se tanto no clima como na fauna e na flora a ele inerentes (Ferreira, 2000). Situando-se o distrito de Leiria no centro do continente português, é dominado, maioritariamente, por um clima de tipo mediterrânico, que se caracteriza por um verão muito quente e seco e um inverno chuvoso e não muito frio, particularmente na zona litoral do país. Tanto a temperatura como a precipitação funcionam como elementos climáticos determinantes, influenciando o crescimento das pastagens (Moreira, 2002), o mesmo não acontecendo com os diversos povoamentos que integram a zona, por estes serem mais robustos, não sofrendo significativamente com aqueles elementos climáticos.

Segundo o Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) - Intergovernmental Panel on Climate Change, a zona climática do distrito de Leiria é

caracterizada por um clima temperado quente e húmido - “warm temperate moist” (IPCC, 2006b). Esta classificação é apresentada com o objetivo de aplicar os fatores de emissão que se adequam, para estimar a alteração do reservatório de carbono nas diferentes conversões que podem ocorrer no uso e utilização do solo.

Em termos geológicos, o distrito de Leiria apresenta relevos bastante notórios do filão calcário, que se estende da plataforma de Condeixa, no distrito de Coimbra, à serra de Montejunto, no distrito de Lisboa. No distrito de Leiria, o filão calcário apresenta afloramentos bastante longos na serra de Sicó-Alvaiázere e no maciço calcário Estremenho, nas Serras de Aire e dos Candeeiros, sendo que a serra dos Candeeiros, onde predominam os calcários Lusitanianos, apresenta todas as formas cársticas, tanto superficiais como subterrâneas (Crispim, 2010). A plataforma litoral da Estremadura é afetada por um sistema de estruturas diapíricas tendo mais expressão a de Caldas da Rainha-Nazaré que corre no vale que se estende paralelamente à Serra dos Candeeiros, e deve-se a uma falha entre Pombal e a Praia de Santa Cruz, onde as Margas da Dagorda têm expressão (Henriques e Dinis, 2000). No entanto outros diapiros têm lugar, nomeadamente em Leiria-Parceiros (Veiga, 2011), Monte Real e S. Pedro de Moel (Almeida, 2000).

Mediante consulta da Carta dos Solos de Portugal do Atlas do Ambiente da Agência Portuguesa do Ambiente, que segue a classificação da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 1988), predominam no distrito de Leiria solos minerais dos tipos: Cambissolo, Luvisolo e Podzóis. O Cambissolo não apresenta quantidades apreciáveis de argila, matéria orgânica e compostos de alumínio e ferro e domina no maciço calcário estremenho. Os Podzóis são caracterizados pela presença de um horizonte de ferro e de alumínio. Pontualmente surgem, sem expressão, Fluvisolos e Regossolos, ocupando pequenas áreas junto aos Podzóis e Luvisolos.

#### **2.1.4. Uso e ocupação do solo**

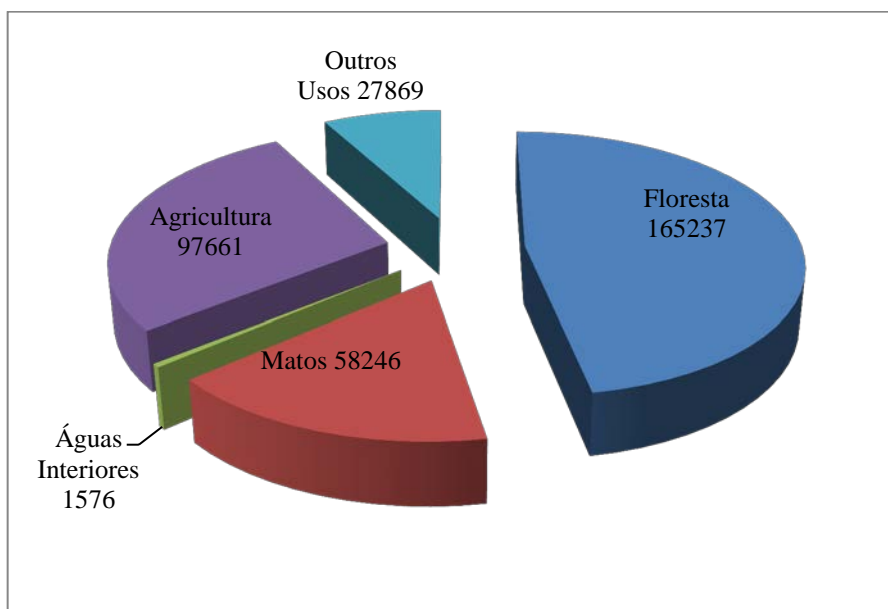
Com base nos dados do IFN<sub>5</sub>, no que diz respeito a áreas dos usos do solo por concelhos (AFN, 2010), fez-se um estudo, mediante seleção dos 16 concelhos que integram o

distrito de Leiria. Do excerto efetuado para todos os usos do solo de todos os concelhos do distrito, obtiveram-se os dados totais que se resumem na tabela 2.1.

**Tabela 2.1.** - Usos do solo e respetivas percentagens (valores totais) - Distrito de Leiria (2004-2006).  
Fonte: AFN (2010)

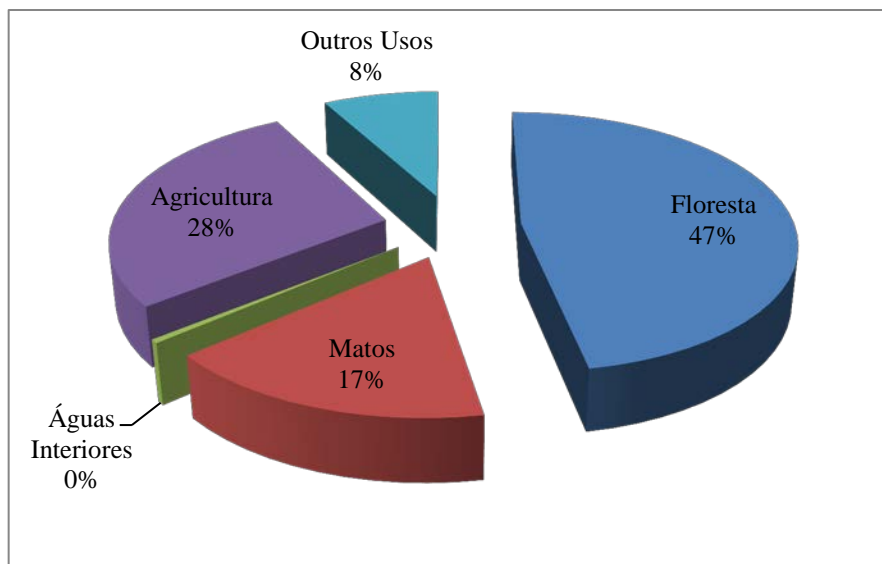
Uso do solo	Área (ha)	Percentagem (%)
Floresta	165 237	47,13
Matos	58 246	16,61
Águas interiores	1 576	0,45
Agricultura	97 661	27,86
Outros usos	27 869	7,95
Soma	350 589	100,00

Da consulta da tabela 2.1., constata-se que, no período de 2004 a 2006, a área de uso do solo mais significativa era ocupada pela floresta, seguida da agricultura e matos.



**Figura 2.2.a)** – Desagregação, por áreas, dos diferentes usos do solo - Distrito de Leiria (2004-2006).  
Fonte: AFN (2010)

A figura 2.2.a) mostra as áreas por ocupação do solo, enquanto a figura 2.2.b), as respetivas percentagens.



**Figura 2.2.b)** – Desagregação percentual, dos diferentes usos do solo - Distrito de Leiria (2004-2006).  
Fonte: AFN (2010)

Na globalidade os dados evidenciam que o uso do solo se verifica com maior extensão territorial (165237 ha) e, implicitamente, maior percentagem (ca. 47%) na floresta, seguindo-se-lhe, por ordem de grandeza significativa, a agricultura com uma extensão territorial de 97 661 ha (ca. 28 %) e os matos com uma extensão territorial de 58 246 ha (ca.17 %). Constata-se que a estes três usos do solo corresponde um valor percentual de ocupação do solo, da ordem de 92%.

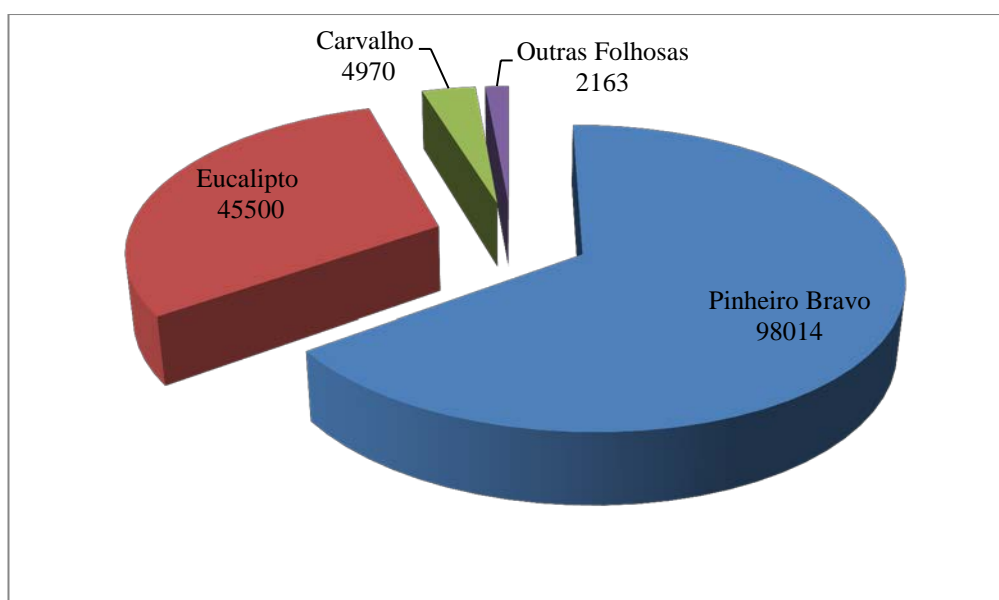
No que se prende com as espécies florestais mais representativas, fez-se o estudo, para o distrito de Leiria, com base nos dados do IFN<sub>5</sub> (AFN, 2010). Do excerto efetuado para todos os povoamentos de todos os concelhos do distrito, obtiveram-se os dados totais que se resumem na tabela 2.2.

De salientar que estes valores são ligeiramente superiores aos obtidos inicialmente por não se ter entrado em linha de conta com os povoamentos menos significativos, sendo, no entanto, irrelevantes as diferenças percentuais obtidas, respeitantes aos povoamentos considerados.

**Tabela 2.2.** – Espécies florestais mais representativas, no distrito de Leiria, e respetivas percentagens – Distrito de Leiria (2004-2006). Fonte: AFN (2010)

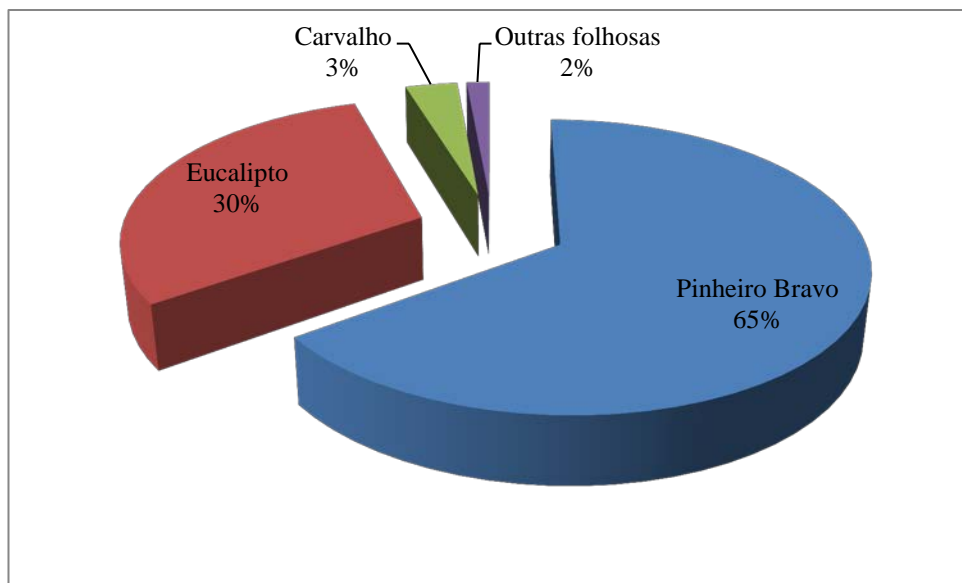
Povoamento	Área (ha)	Percentagem relativa (%)
Pinheiro Bravo	98 014	65,1
Eucalipto	45 500	30,2
Carvalho	4970	3,3
Outras folhosas	2163	1,4
Soma	150 647	100,0

Consultada a tabela 2.2. constata-se que, no período de 2004 a 2006 o povoamento com mais expressão, no distrito de Leiria, era o pinheiro-bravo, seguido do eucalipto.



**Figura 2.3.a)** - Desagregação, por áreas, das espécies florestais mais representativas - Distrito de Leiria (2004-2006). Fonte: AFN (2010)

O gráfico da figura 2.3.a) evidencia a área ocupada por pinheiro bravo, seguida da área de eucalipto, no distrito de Leiria, no período de 2004 a 2006.



**Figura 2.3.b)** – Desagregação percentual, das espécies florestais mais representativas - Distrito de Leiria (2004-2006). Fonte: AFN (2010)

O gráfico da figura 2.3.b) mostra o peso percentual das espécies florestais mais representativas no distrito de Leiria, no período de 2004 a 2006, evidenciando-se o pinheiro-bravo e o eucalipto por ordem decrescente.

De seguida apresentam-se descrições de algumas das espécies florestais mais representativas, no distrito de Leiria, que foram tidas em conta neste relatório.

### **Pinheiro bravo (*Pinus pinaster*)**

Como referido anteriormente, o pinheiro bravo ocupa a maior extensão arbórea do distrito de Leiria (ca. 65,1%). Esta planta é uma espécie resinosa, nativa do Mediterrâneo Ocidental, alargando-se à Península Ibérica, e também do sudoeste da França e Marrocos, ocorrendo, pois, naturalmente, há milénios, no território nacional português (Pereira, 2014). Primitivamente era uma espécie cultivada na faixa costeira portuguesa, onde as condições fito-climáticas são ideais – humidade atmosférica e influência atlântica - (Árvores e arbustos de Portugal, 2004), mas passou, gradualmente, a povoar todo o país, tendo sofrido maior expansão nos primeiros anos do século XX (Fabião, 1992).

Tem grande interesse económico pela madeira que tem bastantes aplicações. A sua altura atinge entre 20 a 25 metros, podendo chegar aos 40 metros (AFN, 2013) sendo uma árvore de crescimento rápido, pois cresce com rapidez nos primeiros anos de vida da planta, atingindo a altura máxima por volta dos 7 anos (Paulo e Tavares, 1996).

### **Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)**

Ocupa uma extensão arbórea significativa (ca. 30,2%), do solo do distrito de Leiria. Nativo da Oceânia, na grande maioria das variedades, foi introduzido em Portugal em meados do século XIX, em 1852 ou 1854 (Radich, 2007), embora a sua plantação, em maior quantidade, se tenha verificado no século XX, mais particularmente a partir de meados deste século (Pereira, 2014).

Ganhou importância económica relevante, devido ao facto de crescer rapidamente (Radich, 1994), podendo atingir, no primeiro ano de vida, entre 3,47 e 6,35 metros; atinge alturas entre 30 e 40 metros, e é muito utilizado para produzir pasta de celulose, usada no fabrico de papel, carvão vegetal e madeira. É devido ao valor económico desta árvore que, embora se comporte como uma invasora biológica, nenhuma medida de erradicação tenha sido levada a cabo. Mais problemático é o facto de ser uma árvore das que mais iniciam e propagam fogos florestais, devido à autocombustão dos óleos voláteis que as suas folhas produzem e libertam e, simultaneamente, fazer parte das espécies mais resistentes ao fogo, o que tem redundado num flagelo recorrente na época de verão.

**Carvalho** – Existe uma grande variedade destas plantas, nomeadamente *Quercus suber* (sobreiro), *Quercus robur* (carvalho-alvarinho), *Quercus faginea*, (carvalho-português), *Quercus rotundifolia* (Azinheira), *Quercus lusitânica* (Carvalhiça), carvalho-negral – *Quercus pyrenaica*, etc. Para efeitos de descrição, escolheu-se o carvalho português por este se encontrar potencialmente na sub-região Mediterrânica Ocidental, na Província Luso-Estremadurensis.

### **Carvalho-português (*Quercus faginea*)**

O carvalho-português, também conhecido por carvalho-cerquinho ou carvalho-comum é uma planta que atinge 25 metros de altura, podendo chegar aos 40 metros, e tem grande interesse económico, principalmente pela sua madeira que é de elevada qualidade. Segundo a AFN (2010), as florestas de carvalho em Portugal representam apenas 2% da área de floresta, estando a ser descurada a sua potencialidade no território. No entanto ocupa uma extensão de ca. 3,30%, no distrito de Leiria, sendo uma das espécies típicas de uma das zonas fitogeográficas predominantes, situada na zona Centro do país, na subdivisão Centro-Oeste calcário, dado que se desenvolve bem em terreno calcário e húmido com boa exposição solar.

O distrito de Leiria é o que apresenta mais área ocupada por esta árvore espontânea, onde se encontram os melhores povoamentos na base da serra de Alvaiázere, especialmente na vertente leste. Nos concelhos de Alcobaça, Ansião, Batalha, Pombal e Porto de Mós ainda se podem observar povoamentos que ocupam mais de 2 ha. Consta-se, no entanto que, no primeiro Inventário Florestal Nacional, que apresenta resultados de 1972-74, os fragmentos de bosques de Carvalho-português (neste caso, os povoamentos que ocupam pelo menos 2 ha) situavam-se principalmente nos Distritos de Coimbra, Leiria, Lisboa e Santarém, somando cerca de 2180 ha. Nos resultados de 1995, apenas se encontraram 1221 ha ocupados por este tipo de povoamento, que implica uma redução de ca. 44%, de área, do primeiro inventário para o segundo.

### **Outras folhosas**

O grupo das folhosas em Portugal é muito grande e variado, estendendo-se, também, ao distrito de Leiria. Deve-se esta circunstância não só à diversidade natural da flora espontânea (indígena), como à introdução de várias plantas exóticas (não indígenas) destinadas a fins ornamentais e repovoamento florestal.

A este grande grupo pertencem as árvores de fruto que não adquirem porte arbóreo, de uma forma geral, bem como as árvores exóticas e ornamentais e também as árvores ripícolas. Dentro das exóticas e ornamentais surgem as acácias e plátanos, entre outras. Já no que diz respeito a árvores ripícolas surgem o amieiro, o choupo, o freixo, o

salgueiro, o ulmeiro e o vidoeiro. No entanto, outras árvores do grupo das folhosas poderão povoar o distrito de Leiria, como a amoreira, azinheira, bôrdos, espinheiro-da-*virgínia*, faia, loureiro e vinhático (NICIF, 2005).

Por este grupo ocupar uma área diminuta no distrito e ser difícil destacar uma delas, como mais representativa, não se achou oportuno particularizar nenhuma espécie.

## 2.2. Dados da alteração florestal

Os dados da alteração florestal (ou coberto arbóreo) do distrito de Leiria foram obtidos através da plataforma *online* “Global Forest Watch” (Hansen et al., 2013a). Esta plataforma foi desenvolvida em conjunto pela Universidade de Mariland, Pesquisa Geológica dos Estados Unidos (USGS) - United States Geological Survey, Administração Nacional da Aeronáutica e do Espaço (NASA) - National Aeronautics and Space Administration, e Google. A metodologia identifica áreas de perda e ganho de cobertura florestal a nível mundial (exceção feita à zona da Antártida), com resolução de 30 m x 30 m, recorrendo a imagens do satélite Landsat 7 (Hansen *et al.*, 2013b). Esta metodologia oferece fiabilidade para a vegetação com altura superior a 5 metros, apresentando zonas sombreadas de acordo com a perda e ganho de coberto, em função dessa altura arbórea.

O objetivo desta metodologia é que a cobertura analisada em cada área de 30 m x 30 m corresponda o mais possível a povoamentos florestais e não a outros tipos de árvores, nomeadamente as árvores de fruto, ou a arbustos. As áreas de ganho e perda, obtidas para efeito deste estudo consideram uma percentagem de coberto arbóreo superior a 30%. Este coberto pressupõe a presença de árvores, com altura superior a 5 metros, numa extensão percentual superior em 30% em cada uma das áreas analisadas de 30 m x 30 m.

Se estas condições deixarem de se verificar, entre duas observações temporais, a área em estudo passa a ser assumida como área de perda de coberto arbóreo.

Dado que as espécies florestais, predominantes no distrito de Leiria, correspondem a ca. 95,3%, de todo o povoamento e são de crescimento rápido, podendo, em alguns casos, atingir alturas superiores a 5 metros, no primeiro ano de vida, o critério dos 5 metros de

altura usado pela metodologia, talvez possa não introduzir incertezas significativas no que respeita às áreas ganhas, até porque a área de coberto ganha é dada como uma média anual para um determinado período de tempo. Desta forma, como a análise realizada neste trabalho se estende por um intervalo de tempo de 12 anos, as eventuais margens de erro, inerentes a este facto, poderão estar diluídas.

A figura 2.4., é um excerto do sítio da internet supracitado e traduz, num gráfico de barras, os ganhos e perdas de cobertura de árvores, que ocorreram no distrito de Leiria, no intervalo de tempo que decorreu entre 01 de janeiro de 2001 e 31 de dezembro de 2012.



**Figura 2.4.** – Perda e ganho da cobertura de árvores no distrito de Leiria. Fonte: Hansen *et al.* (2013a).

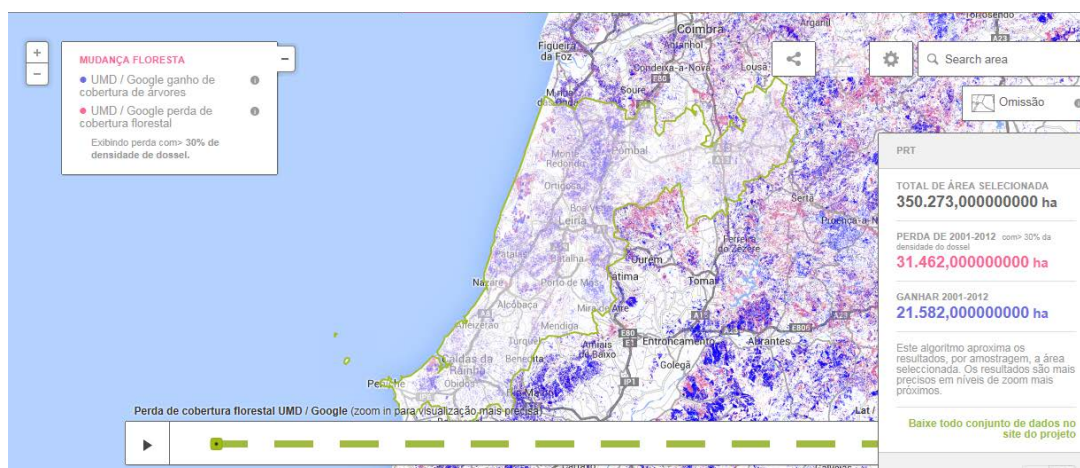
Conforme se verifica na figura 2.4., as perdas da cobertura de árvores foram bastante significativas, com o pico máximo no ano de 2006 (4330 ha). Os ganhos de cobertura de árvores, representados pela média (1798,50 ha), assinalada na linha horizontal sobre o gráfico, situam-se num valor que não levou à reposição das áreas perdidas.

A tabela 2.3., resume os valores retirados da plataforma *online* “Global Forest Watch”, obtidos em 2014-11-11, das áreas perdidas e ganhas de cobertura de árvores, no intervalo de tempo a que se reporta este trabalho (Hansen *et al.*, 2013a).

**Tabela 2.3.** - Áreas perdidas e média de ganhos de cobertura de árvores - Distrito de Leiria (2001-2012).  
 Fonte: Hansen *et al.* (2013a)

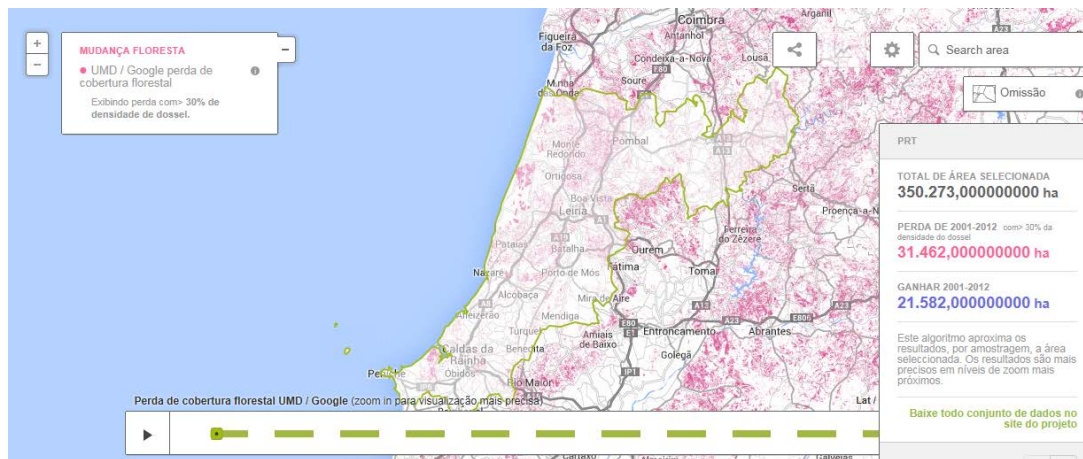
Ano	Área perdida (ha)	Média de ganhos (ha ano <sup>-1</sup> )
2001	1305,00	1798,50
2002	1457,00	1798,50
2003	1392,00	1798,50
2004	2447,00	1798,50
2005	2529,00	1798,50
2006	4330,00	1798,50
2007	3422,00	1798,50
2008	2817,00	1798,50
2009	3115,00	1798,50
2010	3123,00	1798,50
2011	2128,00	1798,50
2012	3397,00	1798,50
Σ	31 462,00	21 582,00

As figuras 2.5. e 2.6., excertos do mapa do continente português, apresentam, delineado, em toda a sua extensão, o distrito de Leiria. A figura 2.5., indica o ganho de cobertura florestal, representado a azul, e a perda de cobertura florestal, representada a cor-de-rosa.



**Figura 2.5.** - Ganho e perda de cobertura de árvores - Distrito de Leiria (2001-2012). Fonte Hansen *et al.* (2013b).

A figura 2.6., indica, somente, a perda da cobertura florestal, também representada a cor-de-rosa, sendo o objetivo da apresentação desta ilustração uma percepção visual melhorada das zonas que sofreram perdas.



**Figura 2.6.** - Perda de cobertura de árvores - Distrito de Leiria (2001-2012). Fonte: Hansen *et al.* (2013b).

Algumas destas perdas ocorreram muito perto da cidade capital de distrito, estando assinaladas com a tonalidade mais carregada, por terem sido mais devastadoras; outras estão representadas com uma tonalidade mais ténue, por não terem sido tão calamitosas.

## 2.3. Cálculo do balanço de carbono na alteração do uso do solo (ganho e perda de floresta)

Para levar à prática o cálculo do balanço de carbono na alteração do uso do solo, usou-se a metodologia “Tier1” sugerida pelo IPCC, relativa aos inventários nacionais de gases com efeito de estufa do setor da Agricultura, Floresta e Outros tipos de Uso do Solo (AFOLU). Assim foram usadas as equações constantes no capítulo 2, do volume 4, daqueles inventários (IPCC, 2006c).

Paralelamente, foram usadas, na grande maioria das situações de cálculo de emissões e remoções de carbono, as folhas de cálculo “Tier 1” que constam do anexo 1, do volume 4 - Agricultura, Floresta e Outros tipos de Uso do Solo - (IPCC, 2006d), que se adequam ao estudo e fazem parte integrante do anexo 1 deste trabalho; as folhas de cálculo, usadas para cada uma das conversões, enumeram-se aquando da aplicação da metodologia usada para cada uma das situações em particular.

De acordo com o objetivo do trabalho, assumiu-se que a perda de área florestal ocorreu por conversão de floresta em pastagem e o ganho de área florestal ocorreu por conversão de pastagem em floresta. O motivo que esteve na base desta assunção foi o facto de se simplificar, e também de se considerar que a pastagem é o ecossistema geralmente mais típico associado a essas conversões, uma vez que a maior área que se perde é devida a desflorestação inerente a incêndios, que reduzem de um modo geral a área a pastagem, e a área que se ganha é devida à florestação, que ocorre quer por via de plantações, ou naturalmente, em zonas maioritariamente de pastagem/mato. Para os dois tipos de conversão teve-se em consideração a variação de carbono no reservatório da biomassa viva (acima e abaixo do solo), no reservatório de carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais) e no reservatório de carbono orgânico nos solos minerais (IPCC, 2006a).

Teve-se, também, em consideração o critério estabelecido na bibliografia consultada, nomeadamente o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases), 1990-2012 - NIR-2014 (APA, 2014), Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2006a) e o Relatório Técnico do Projeto Landyn, da responsabilidade da Direção Geral do Território – DGT - (DGT, 2014), em que se verifica unanimidade, no que se prende com o conceito e notação de ganho e perda de carbono.

Assim, aquando da realização dos cálculos, considera-se que os ganhos e perdas de carbono se referem ao ecossistema, sendo atribuído o sinal (+) no caso de ganhos e sinal (-) no caso de perdas. Posteriormente, nos resultados finais globais, inverte-se o sinal, para que as emissões de carbono para a atmosfera tenham sinal positivo, à semelhança do que acontece com qualquer outra atividade poluente.

### 2.3.1. Equações gerais, para o cálculo da alteração anual de carbono, no setor da Agricultura, Florestas e Outros tipos de Uso do Solo

Enumeram-se as equações gerais que foram utilizadas no cálculo da alteração anual de carbono, no setor da Agricultura, Florestas e Outros tipos de Uso do Solo (AFOLU), bem como as alterações a que se referem e os significados dos respectivos parâmetros, de acordo com os guias do IPCC (IPCC, 2006a).

No que respeita às alterações anuais de carbono, para todo o sector AFOLU, ( $\Delta C_{AFOLU}$ ), usou-se a equação 1:

$$\Delta C_{AFOLU} = \Delta C_{FL} + \Delta C_{CL} + \Delta C_{GL} + \Delta C_{WL} + \Delta C_{SL} + \Delta C_{OL} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

$\Delta C$  = variação de carbono

AFOLU = setor da agricultura, florestas e outros tipos de uso do solo

Categorias de uso do solo:

FL = Floresta

CL = Agricultura

GL = Pastagem

WL = Turfeiras

SL = Povoações

OL = Outros usos do solo.

Atendendo a que o objetivo deste trabalho é estudar o balanço de carbono nas conversões de floresta em pastagem e de pastagem em floresta, apenas as categorias GL (pastagem) e FL (floresta), respetivamente, foram consideradas no trabalho desenvolvido.

Para a alteração anual de carbono, para cada categoria de uso do solo, aplica-se a equação 2:

$$\Delta C_{LU} = \sum_i \Delta C_{LUi} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

$\Delta C_{LU}$  = variação de carbono para uma categoria de uso do solo (LU), conforme definido na equação 1

$i$  = denota um estrato específico ou subdivisão dentro da categoria de uso do solo (para qualquer combinação de espécies, zona climática, ecótipo, regime de gestão, etc.)

As alterações anuais de carbono, para cada estrato de uma categoria de uso do solo, são dadas como a soma das alterações em todos os reservatórios; para o efeito neste estudo aplicou-se a equação 3:

$$\Delta C_{LUi} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{LI} + \Delta C_{SO} + \Delta C_{HWP} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

$\Delta C_{LUi}$  = variação de carbono para um estrato de uma categoria de uso do solo

Os índices denotam os seguintes reservatórios de carbono:

AB = biomassa acima do solo

BB = biomassa abaixo do solo

DW = madeira morta

LI = resíduos vegetais

SO = solos

HWP = madeira colhida

Depreende-se, da equação 3, que os **reservatórios** relevantes são os da **biomassa** (acima (AB) e abaixo (BB) do solo e madeira colhida (HWP)), da **matéria orgânica morta** sobre o solo (madeira morta (DW) e resíduos vegetais (LI)) e do **carbono orgânico no solo** (SO).

### 2.3.2. Metodologia usada na conversão de pastagem em floresta

Nesta conversão usou-se a metodologia simplificada (“Tier 1”) sugerida pelo IPCC, relativa a cada reservatório de carbono (biomassa, matéria orgânica morta e carbono orgânico no solo), conforme referido na secção 2.3. Foram seguidas as folhas de cálculo do IPCC (anexo 1).

## Varição de carbono no reservatório da biomassa

A metodologia do IPCC segue o método ganho-perda. Desta forma, a variação de carbono na biomassa é dada pela equação 4 (para a conversão de um determinado uso de solo em floresta o IPCC (metodologia “Tier 1”) sugere o uso das fórmulas relativas ao uso de solo que permanece na mesma categoria de uso do solo):

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

$\Delta C_B$  = variação anual de carbono na biomassa (a soma acima e abaixo do solo nos termos da equação 3), considerando a área total, t C ano<sup>-1</sup>

$\Delta C_G$  = aumento anual de carbono devido ao crescimento de biomassa, considerando a área total, t C ano<sup>-1</sup>

$\Delta C_L$  = perda anual de carbono devido à perda de biomassa, considerando a área total, t C ano<sup>-1</sup>

O aumento anual de carbono devido ao crescimento de biomassa foi calculado pela equação 5:

$$\Delta C_G = \sum_{i,j} (A_{i,j} \cdot G_{TOTAL\ i,j} \cdot CF_{i,j}) \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

$\Delta C_G$  = aumento anual de carbono devido ao crescimento da biomassa, na mesma categoria de uso do solo, por tipo de vegetação e zona climática, t C ano<sup>-1</sup>

A = área de solo que permanece na mesma categoria de uso do solo, ha

$G_{TOTAL}$  = média de crescimento anual de biomassa, t d. m. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>

$i$  = zona ecológica ( $i = 1$  to  $n$ )

$j$  = domínio do clima ( $j = 1$  to  $m$ )

CF = fração de carbono na matéria seca, ton C (t d. m.)<sup>-1</sup>

Para o cálculo do **aumento anual de carbono** devido ao crescimento da biomassa, incluindo biomassa acima e abaixo do solo, na conversão de pastagem em floresta recorreu-se à folha de cálculo 3B1b (1 de 4) – A1.14 (anexo 1 - folha de cálculo A1.14).

Consideraram-se apenas povoamentos florestais (FL) por se tratar de conversão de pastagem em floresta. Assumiu-se que as áreas florestais ganhas anualmente (Tabela

2.3.) compreendiam árvores na mesma percentagem de cobertura do solo, existente no distrito (Tabela 2.2.).

Assim, calcularam-se as áreas dos povoamentos respetivos, que se apresentam na tabela 2.4., e sintetiza as áreas parcelares, obtidas para cada uma das subcategorias consideradas na conversão anual de pastagem em floresta.

**Tabela 2.4.** - Áreas parcelares das subcategorias florestais de pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas

<b>Subcategorias florestais</b>	<b>Áreas parcelares (ha)</b>
(a) Pinheiro-bravo	$1798,50 \times 0,651 = 1170,824$
(b) Eucalipto	$1798,50 \times 0,302 = 543,147$
(c) Carvalho	$1798,50 \times 0,033 = 59,351$
(d) Outras folhosas	$1798,50 \times 0,014 = 25,179$

A média anual do crescimento da biomassa acima e abaixo do solo ( $G_{total}$ ), é fornecida pelas tabelas do IFN<sub>5</sub> (AFN, 2010), não tendo havido necessidade de obter valores para a média anual do crescimento da biomassa acima do solo ( $G_w$ ), nem valores de proporção de biomassa abaixo do solo, para a biomassa acima do solo (R). Nesta conformidade, não se preencheram as colunas, respeitantes àqueles parâmetros, na respetiva folha de cálculo (A1.14).

Na consulta realizada, respeitante a  $G_{total}$ , consideraram-se povoamentos puros, para todas as espécies florestais que fazem parte da floresta do distrito de Leiria, tidos em conta neste projeto (pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas), mesmo os menos significativos (carvalho e outras folhosas), por estes, só em casos muito pontuais se encontrarem isolados ou disseminados noutra tipo de arborização. Por povoamento puro, considera-se aquele que é composto por uma ou mais espécies de árvores florestais, em que uma delas ocupa mais de 75% do coberto total, indo mais ao encontro da maioria dos povoamentos do distrito (AFN, 2013).

Os valores da média anual do crescimento da biomassa acima e abaixo do solo ( $G_{total}$ ), foram retirados das tabelas do centro litoral de Portugal, zona centro de Portugal e todo o país; ou seja, regionais para pinheiro-bravo, eucalipto e carvalho e nacionais para outras folhosas (AFN, 2010).

Apresentam-se os excertos das referidas tabelas, fazendo parte integrante das tabelas 2.5.a), 2.5.b) e 2.5.c), que dizem respeito a cada um dos tipos de povoamento considerados.

**Tabela 2.5.a)** - Acréscimos médios anuais (AMA) da biomassa total, segundo a composição específica dos povoamentos, para as espécies florestais de pinheiro-bravo e eucalipto (Centro Litoral de Portugal). Fonte: AFN (2010)

RPROF	Espécie	Composição	AMA Biomassa Total (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Centro Litoral	<b>pinheiro-bravo</b>	<b>puro</b>	<b>2,0</b>
Centro Litoral	pinheiro-bravo	dominante	2,3
Centro Litoral	pinheiro-bravo	dominado	1,2
Centro Litoral	<b>eucaliptos</b>	<b>puro</b>	<b>5,6</b>
Centro Litoral	eucaliptos	dominante	3,6
Centro Litoral	eucaliptos	dominado	2,2

**Tabela 2.5.b)** – Acréscimos médios anuais da biomassa total, segundo a composição específica dos povoamentos, para as espécies florestais de carvalho, sobreiro e azinheira (Centro de Portugal). Fonte: AFN (2010)

NUTS II	Espécie	Composição	AMA Biomassa total (t ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Centro	<b>sobreiro</b>	<b>puro</b>	<b>0,6</b>
Centro	<b>azinheira</b>	<b>puro</b>	<b>0,3</b>
Centro	<b>carvalhos</b>	<b>puro</b>	<b>0,9</b>
Centro	carvalhos	dominante	0,9
Centro	carvalhos	dominado	0,5

**Tabela 2.5.c)** - Acréscimos médios anuais da biomassa total, segundo a composição específica dos povoamentos, para as espécies florestais de outras folhosas, (todo o Continente de Portugal). Fonte: AFN (2010)

Zona	Espécie	Composição	AMA Biomassa Total (ton ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Portugal Continental	<b>outras folhosas</b>	<b>puro</b>	<b>2,8</b>
Portugal Continental	outras folhosas	dominante	12,6
Portugal Continental	outras folhosas	dominado	0,7

Atendendo às suas semelhanças, por pertencerem à mesma família, inicialmente pensou-se em fazer a média da biomassa total dos povoamentos afins de sobreiro, azinheira e carvalho, no sentido de conseguir um valor aferido, que vá mais de encontro à realidade. No entanto, atendendo a que as áreas dos povoamentos e, implicitamente, a percentagem relativa de predominância, são bastante diferentes e a

grande maioria do povoamento diz respeito a carvalho, optou-se pela média ponderada da biomassa total, para os três povoamentos, por esta distorcer menos o resultado final.

$$\sum (\text{povoamentos de sobreiro, azinheira e carvalhos}) = (335 + 54 + 4970) \text{ ha} \\ = 5359 \text{ ha}$$

%, relativa, dos povoamentos:

$$\text{Sobreiro} - (335/5359) = 0,063;$$

$$\text{Azinheira} - (54/5359) = 0,010;$$

$$\text{Carvalho} - (4970/5359) = 0,927.$$

$$\text{Média ponderada (biomassa total carvalho)} = \frac{(0,6 \times 0,063 + 0,3 \times 0,010 + 0,9 \times 0,927)}{0,063 + 0,010 + 0,927} \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$$

$$\text{Média ponderada (biomassa total carvalho)} = \frac{(0,0378 + 0,0030 + 0,8343)}{1,00} \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$$

$$\text{Média ponderada (biomassa total carvalho)} = 0,875 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$$

Por fim e no que concerne à fração de carbono na matéria seca (CF), usou-se o valor de 0,5 t C por ton de matéria seca (t d. m.), para todos os povoamentos, valor sugerido pelo IPCC e que consta na folha de cálculo 3B1b (1 de 4) – A1.14.

Os valores considerados para as áreas parcelares dos diferentes povoamentos (A), média anual do crescimento da biomassa acima e abaixo do solo ( $G_{\text{total}}$ ) e fração de carbono de matéria seca (CF) na conversão de pastagem em floresta, resumem-se na tabela 2.6.

**Tabela 2.6.** – Resumo de dados para o cálculo da variação anual de carbono na biomassa total, na conversão de pastagem em floresta

Povoamentos	Áreas (ha)	$G_{\text{TOTAL}}$ (t d.m. ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	CF (t C(t d.m. <sup>-1</sup> ))
Pinheiro-bravo	1798,50x0,651=1170,824	2,000	0,5
Eucalipto	1798,50x0,302= 543,147	5,600	0,5
Carvalho	1798,50x0,033= 59,351	0,875	0,5
Outras folhosas	1798,50x0,014= 25,179	2,800	0,5

Atendendo a que o valor anual de perda de área de arborização, consultado na plataforma *online* “Global Forest Watch”, é a média das perdas durante os doze anos do inventário, apenas se preencheu uma folha de cálculo, dado que, por inerência, os valores da alteração de carbono no reservatório da biomassa, na conversão de pastagem em floresta, são iguais para todos os anos do inventário.

Para cálculo da **perda anual de carbono** devido à perda de biomassa ( $\Delta C_L = L_{\text{wood-removals}} + L_{\text{fuelwood}} + L_{\text{disturbances}}$ ), foi considerado que remoção de madeira se refere ao corte total da árvore – wood-removals, remoção de lenha se refere a corte parcial da árvore (ramadas) – fuelwood, e distúrbio se refere a alteração devida a incêndios, tempestades ou outro tipo de perturbações, como pragas (embora a praga do Nemátode da madeira de pinheiro (pine wood nematode - PWN) se tenha vindo a verificar, mas não com a potencialidade destrutiva dos incêndios) e intempéries - disturbance.

Houve lugar a reflexão sobre o uso das folhas de cálculo a preencher para este efeito, tendo-se, nesse sentido, consultado o anexo 1 do volume 4 do IPCC (IPCC, 2006d). Verificou-se que a folha de cálculo 3B1b (4 de 4) - A1.17), que se refere à perda de carbono a partir de distúrbio, resume a variação de carbono na biomassa, respeitante ao uso do solo convertido de pastagem para floresta ( $\Delta C_L$ ) tendo em conta as variações obtidas nessa folha de cálculo, bem como nas folhas de cálculo 3B1b (2 de 4) - A1.15, que se refere a perdas de carbono por remoção de madeira, e 3B1b (3 de 4) - A1.16, que se refere a perdas de carbono por remoção de lenha.

Por não haver dados factuais sobre estes parâmetros e indo ao encontro da sugestão da metodologia do IPCC, assumiu-se para a perda anual, por remoção de carbono na biomassa ( $\Delta C_L$ ) o valor zero. Esta assunção valoriza o sequestro de carbono, não empolando as perdas de carbono, o que significa que, ao considerar-se o valor zero, se está a usar uma estratégia conservadora, potenciando a captura e não a emissão.

Como foi referido anteriormente, as folhas de cálculo correspondentes, embora não preenchidas, pelos motivos apontados, seguem no anexo 1 (folhas de cálculo A1.15, A1.16 e A1.17).

### **Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta**

Para o cálculo da variação anual de carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais), usou-se a equação 6.

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_n - C_o) \cdot A_{on}}{T_{on}} \quad \text{(Equação 6)}$$

Em que:

$\Delta C_{DOM}$  = variação anual de carbono na matéria orgânica morta, t C ano<sup>-1</sup>  
 $C_o$  = carbono na matéria orgânica morta na categoria anterior de uso do solo, t C ha<sup>-1</sup>  
 $C_n$  = carbono na matéria orgânica morta no novo uso do solo, t C ha<sup>-1</sup>  
 $A_{on}$  = área de conversão do anterior para o novo uso do solo, ha  
 $T_{on}$  = intervalo de tempo de transição do anterior para o novo uso do solo, ano.

Mediante consulta do anexo 1, volume 4, do IPCC (IPCC, 2006d), recorreu-se à folha de cálculo 3B1b (1 de 1) – A1.18 (anexo 1 – folha de cálculo A1.18).

Para o efeito, consultada a tabela internacional, sugerida nesta folha de cálculo, obtiveram-se 13,00 t C ha<sup>-1</sup>, para variação anual de carbono na matéria orgânica morta, em função do novo uso do solo; esta tabela é homogénea não distinguindo, portanto, povoamentos de florestas diferentes o que levou a tentar uma alternativa mais fidedigna.

No Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (NIR), 1990-2012 (APA, 2014), obtiveram-se valores que vão ao encontro do objetivo pretendido, constando na tabela 2.7.

**Tabela 2.7.** – Carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais). Fonte: APA (2014)

Povoamentos / plantas	Matéria Orgânica Morta
	(GgC/1000ha)
Pinheiro-bravo	2,96
Eucalipto	1,85
Outras folhosas	1,85
Todas as pastagens	0,41

Por a tabela não referir a subcategoria de carvalho, considerou-se o mesmo valor que para outras folhosas, uma vez que este povoamento é de folha larga, similar àquele tipo de arborização.

A folha de cálculo 3B1b (1 de 1) – A1.18, informa que o valor padrão de carbono na matéria orgânica morta, no uso anterior do solo, pode ser assumido zero; no entanto, a tabela 2.7., apresenta um valor para todos os tipos de pastagem que se optou por utilizar, por uma questão de uniformidade de critério e fiabilidade inerente à escolha.

Os valores considerados para as áreas parcelares dos diferentes povoamentos ( $A_{on}$ ), carbono na matéria orgânica morta na nova categoria de uso do solo ( $C_n$ ), carbono na

matéria orgânica morta na anterior categoria de uso do solo ( $C_o$ ) e intervalo de tempo de transição do anterior para o novo uso do solo ( $T_{on}$ ) padrão (20 anos), na conversão de pastagem em floresta, resumem-se na tabela 2.8.

**Tabela 2.8.** – Resumo de dados para o cálculo da alteração anual de carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais), na conversão de pastagem em floresta

<b>Povoamentos</b>	<b>Áreas (<math>A_{on}</math>) t</b>	<b><math>C_n</math> (t C ha<sup>-1</sup>)</b>	<b><math>C_o</math> (t C ha<sup>-1</sup>)</b>	<b><math>T_{on}</math> (anos)</b>
Pinheiro-bravo	1798,50x0,651 = 1170,824	2,96	0,41	20
Eucalipto	1798,50x0,302 = 543,147	1,85	0,41	20
Carvalho	1798,50x0,033 = 59,351	1,85	0,41	20
Outras folhosas	1798,50x0,014 = 25,179	1,85	0,41	20

Atendendo a que o valor anual de perda de área de arborização resulta da média das perdas durante os doze anos do inventário, apenas se preencheu uma folha de cálculo, dado que os valores da variação de carbono na matéria orgânica morta, na conversão de pastagem em floresta, à semelhança do trabalho desenvolvido para a variação de carbono na biomassa, são iguais para todos os anos do inventário.

### **Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico no solo**

A tentativa no sentido de recorrer à folha de cálculo 3B1b (1 de 2) - A1.19, do anexo 1, do volume 4, do IPCC (IPCC, 2006d), que consta do anexo 1 deste trabalho, e permite efetuar o cálculo da variação de carbono orgânico em solos minerais, na conversão de pastagem em floresta, não se afigurou a melhor solução, uma vez que não se encontraram dados nacionais disponíveis, relativamente aos dados requeridos.

A hipótese mais viável apontou para a consulta do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (APA, 2014) que apresenta valores de conversão, tanto de floresta em pastagem como de pastagem em floresta, obtendo-se, diretamente, a variação anual de carbono orgânico em solos minerais, respeitante a um hectare de solo. Esta escolha conduziu a um valor atual e confiável, que vai de encontro à expectativa pretendida.

A tabela 2.9., apresenta os valores usados neste estudo.

**Tabela 2.9.** - Fatores de emissão anual para cálculo de carbono em solo mineral, na conversão de pastagem em floresta. Fonte: Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas – 1990-2012, ( APA (2014)

Fatores de emissão anual do solo (t C ha <sup>-1</sup> )	De	Para	Para			
			Floresta			Pastagem
			01	03	06	
	Floresta	01. Pinheiro-bravo	---	---	---	-2,1
		03. Eucalipto	---	---	---	-1,4
		06. Outras folhosas	---	---	---	-1,8
	Pastagem		2,6	1,9	2,3	---

Por a tabela não referir a subcategoria de carvalho, considerou-se o mesmo valor que para outras folhosas, uma vez que este povoamento é de folha larga, similar àquele tipo de arborização.

Os valores considerados para as áreas parcelares, dos diferentes povoamentos e os fatores de remoção a aplicar na alteração anual de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), na conversão de pastagem em floresta, resumem-se na tabela 2.10.

**Tabela 2.10.** - Resumo de dados para o cálculo da variação anual de carbono orgânico em solos minerais, na conversão de pastagem em floresta

Povoamentos	Áreas (ha)	Fator de remoção (t C ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Pinheiro-bravo	1170,824	2,6
Eucalipto	543,147	1,9
Carvalho	59,351	2,3
Outras folhosas	25,179	2,3

O valor anual de carbono orgânico em solos minerais foi calculado mediante o produto do fator de remoção pela área.

Como o valor anual de perda de área de arborização resulta da média das perdas durante os doze anos do inventário, à semelhança do trabalho desenvolvido para a variação de carbono na biomassa e na matéria orgânica morta, na conversão de pastagem em floresta, o valor da variação de carbono orgânico em solos minerais é igual para todos os anos do inventário.

### 2.3.3. Metodologia usada na conversão de floresta em pastagem

Nesta conversão também se usou a metodologia simplificada (“Tier 1”) sugerida pelo IPCC, relativa a cada reservatório de carbono (biomassa, matéria orgânica morta e carbono orgânico no solo). Como já referido anteriormente, foram seguidas as folhas de cálculo do IPCC (anexo 1 – folhas de cálculo A1.30 e A1.31).

#### **Variação de carbono no reservatório da biomassa**

A metodologia do IPCC segue o método ganho-perda. Deste modo a variação de carbono na biomassa, na conversão de uma categoria de uso do solo para outra categoria de uso do solo, foi calculada pela equação 7.

$$\Delta C_B = \Delta C_G + \Delta C_{CONVERSION} - \Delta C_L \quad (\text{Equação 7})$$

Em que:

$\Delta C_B$  = variação anual de carbono na biomassa em solo convertido para outra categoria de uso, t C ano<sup>-1</sup>

$\Delta C_G$  = variação anual (aumento) de carbono devido ao crescimento da biomassa em solo convertido para outra categoria de uso, t C ano<sup>-1</sup>

$\Delta C_{CONVERSION}$  = variação inicial de carbono na biomassa em solo convertido para outra categoria de uso, t C ano<sup>-1</sup>

$\Delta C_L$  = variação anual (perda) de carbono devido à perda de biomassa associada ao corte de árvores, remoção de lenha e distúrbios, t C ano<sup>-1</sup>

A equação 7 permite verificar que a metodologia simplificada “Tier 1”, do IPCC, remete para as equações da metodologia “Tier 2”.

A variação inicial de carbono na biomassa, em solo convertido para outra categoria de uso do solo é dada pela equação 8.

$$\Delta C_{CONVERSION} = \sum_i \{ (B_{AFTERi} - B_{BEFOREi}) \cdot \Delta A_{TO\_OTHERS\ i} \} \cdot CF \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

$B_{AFTERi}$  = biomassa no uso de solo  $i$  depois da conversão, t d. m. ha<sup>-1</sup>

$B_{BEFOREi}$  = biomassa no uso de solo  $i$  antes da conversão, t d. m. ha<sup>-1</sup>

$\Delta A_{TO\_OTHERSi}$  = área de uso do solo  $i$  convertido noutra categoria num determinado ano, ha ano<sup>-1</sup>

$CF$  = fração de carbono na matéria seca, t C (t d.m.)<sup>-1</sup>

$i$  = tipo de uso do solo convertido noutra categoria

Para se organizar e realizar os cálculos recorreu-se à folha de cálculo 3B3b (1 de 1) - A1.30, que consta do anexo 1 (folhas de cálculo A1.30 - 2001 a 2012).

Retiraram-se, dos dados nacionais constantes na plataforma *online* “Global Forest Watch” Hansen *et al.* (2013a), já apresentados na tabela 2.3, as áreas ( $\Delta A_{TO\_OTHERSi}$ ), para cada um dos 12 anos do inventário, que integram este relatório, e se resumem na tabela 2.11.

**Tabela 2.11.** - Áreas perdidas de cobertura de árvores - Distrito de Leiria – (2001-2012). Fonte: Hansen *et al.* (2013a)

Ano	Áreas perdidas da cobertura florestal (ha)
2001	1305
2002	1457
2003	1392
2004	2447
2005	2529
2006	4330
2007	3422
2008	2817
2009	3115
2010	3123
2011	2128
2012	3397
$\Sigma$	<b>31 462</b>

À semelhança do trabalho realizado para a conversão de pastagem em floresta, fez-se a partição percentual dos diferentes povoamentos, que foram considerados para realização deste trabalho, em conformidade com o procedimento para a conversão de pastagem em floresta.

Como foi referido anteriormente, assumiu-se que, para efeito deste estudo, da mesma maneira que na conversão de pastagem em floresta, as áreas perdidas, dos povoamentos mais representativos (pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas), são proporcionais às percentagens de áreas de cobertura, que foram estimadas para o distrito.

Na escolha do parâmetro  $B_{AFTER}$ , optou-se por usar valores sugeridos pelo IPCC, em detrimento de considerar o valor 0, como também sugerido na folha de cálculo 3B3b (1 de 1) – A1.30. Os valores que foram considerados constam da tabela 2.12.

**Tabela 2.12.** - Valor padrão de biomassa seca presente em pastagens, após conversão. Fonte: IPCC (2006)

Zona Climática IPCC	Biomassa acima do solo (t d.m. ha <sup>-1</sup> )	Biomassa total não lenhosa (acima e abaixo do solo) (t d. m. ha <sup>-1</sup> )
Temperado quente - seco	1,6	6,1
<b>Temperado quente - húmido</b>	2,7	<b>13,5</b>

Consultando esta tabela, obteve-se o valor de 13,5 toneladas de matéria seca, o valor padrão de biomassa presente na pastagem, após conversão, para o clima do continente português, respeitante à zona do país que integra o distrito de Leiria, e para a conversão de qualquer dos povoamentos.

Para escolha do parâmetro ( $B_{BEFORE}$ ), embora o IPCC indique valores padrão, optou-se por usar dados nacionais. Assim realizou-se a consulta das tabelas do IFN<sub>5</sub> respeitantes ao Centro Litoral de Portugal, Centro do País e de todo o Continente Português para triagem dos valores de biomassa dos povoamentos nelas constantes.

Das referidas tabelas fizeram-se excertos que constam das tabelas 2.13.a), 2.13.b) e 2.13.c), respetivamente.

**Tabela 2.13.a)** - Biomassa total das árvores florestais, segundo a composição específica dos povoamentos para as espécies florestais de pinheiro-bravo e eucalipto, no Centro Litoral de Portugal. Fonte: AFN (2010)

RPROF	Espécie	Composição	Biomassa total (t ha <sup>-1</sup> )
Centro Litoral	<b>pinheiro-bravo</b>	<b>puro</b>	<b>76,8</b>
Centro Litoral	pinheiro-bravo	dominante	86,6
Centro Litoral	pinheiro-bravo	dominado	35,7
Centro Litoral	<b>eucaliptos</b>	<b>puro</b>	<b>57,5</b>
Centro Litoral	eucaliptos	dominante	51,8
Centro Litoral	eucaliptos	dominado	35,2

**Tabela 2.13.b)** - Biomassa total das árvores florestais, segundo a composição específica dos povoamentos para as espécies florestais de sobreiro, azinheira e carvalho, no Centro de Portugal. Fonte: AFN (2010)

NUTS II	Espécie	Composição	Biomassa total (t ha <sup>-1</sup> )
Centro	<b>sobreiro</b>	<b>puro</b>	<b>35,1</b>
Centro	sobreiro	dominado	22,5
Centro	sobreiro	dispersas	-
Centro	sobreiro	puro/dominante jovem	3,4
Centro	<b>azinheira</b>	<b>puro</b>	<b>15,8</b>
Centro	azinheira	dominante	8,3
Centro	azinheira	dominado	10,2
Centro	azinheira	dispersas	-
Centro	<b>carvalhos</b>	<b>puro</b>	<b>18,3</b>
Centro	carvalhos	dominante	13,1
Centro	carvalhos	dominado	11,0
Centro	carvalhos	dispersas	-

**Tabela 2.13.c)** - Biomassa total das árvores florestais segundo a composição específica dos povoamentos para espécies florestais de outras folhosas, em todo o Continente de Portugal. Fonte: AFN (2010)

Zona	Espécie	Composição	Biomassa total (t ha <sup>-1</sup> )
Portugal Continental	<b>outras folhosas</b>	<b>puro</b>	<b>53</b>
Portugal Continental	outras folhosas	dominante	44,2
Portugal Continental	outras folhosas	dominado	7,2
Portugal Continental	outras folhosas	dispersas	-
Portugal Continental	outras folhosas	puro/dominante jovem	0,5

À semelhança do trabalho desenvolvido para os acréscimos de biomassa, na conversão de pastagem em floresta, folha de cálculo 3B1b (1 de 4) – A1.14, optou-se por fazer a média ponderada da biomassa total para as três espécies florestais afins - sobreiro, azinheira e carvalho -, no sentido de conseguir um valor mais consentâneo com a realidade.

$$\Sigma (\text{povoamentos de sobreiro, azinheira e carvalho}) = (335 + 54 + 4970) \text{ ha} = 5359 \text{ ha}$$

%, relativa, dos povoamentos:

$$\text{Sobreiro} - (335/5359) = 0,063;$$

$$\text{Azinheira} - (54/5359) = 0,010;$$

$$\text{Carvalho} - (4970/5359) = 0,927.$$

$$\text{Média ponderada (biomassa total carvalho)} = \frac{(35,1 \times 0,063 + 15,8 \times 0,010 + 18,30 \times 0,927)}{(0,063 + 0,010 + 0,927)} \text{ t ha}^{-1}$$

$$\text{Média ponderada (biomassa total carvalho)} = \frac{(2,211 + 0,158 + 16,964)}{1,00} \text{ t ha}^{-1}$$

$$\text{Média ponderada (biomassa total carvalho)} = 19,3 \text{ t ha}^{-1}$$

Para escolha da fração de carbono de matéria seca (CF), optar-se-ia pelo valor 0,47 t C (t d. m.)<sup>-1</sup>, conforme sugestão da folha de cálculo 3B3b (1 de 1) - A1.30, mas assumiu-se o valor 0,5 t C (t d. m.)<sup>-1</sup>, porque a maior parte da biomassa é florestal e não herbácea, uma vez que se trata de conversão de floresta em pastagem.

No que diz respeito ao aumento anual de carbono devido ao crescimento da biomassa ( $\Delta C_G$ ) de pastagem, recorreu-se a valores nacionais encontrados em bibliografia de referência, como sugerido pela metodologia do IPCC.

No estudo realizado por Aires *et al.* (2008), chegou-se a um valor médio anual de 140 g m<sup>-2</sup>, para o ganho de carbono por m<sup>2</sup> de uma pastagem mediterrânica portuguesa; reconvertendo o valor 140 g m<sup>-2</sup> para unidades homogéneas obtemos o valor 1,40 t C ha<sup>-1</sup>.

Um valor idêntico é também reportado no Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (APA, 2014), que se refere a emissões de GEE no período compreendido entre 1990 e 2012. Apresenta-se um excerto da tabela que consta deste inventário e se refere aos incrementos médios anuais, utilizados para outros usos do solo, na tabela 2.14.

**Tabela 2.14.** – Incrementos médios anuais, utilizados para outros usos do solo, na conversão de floresta em pastagem

<b>Incrementos médios anuais para outros usos do solo</b>	<b>AGB (t C ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>BGB (t C ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Período de transição (ano)</b>
---	---	---	---
Todas as pastagens	0,53	0,94	1
---	---	---	---

Conforme se constata, a tabela 2.14., apresenta as médias anuais do crescimento da biomassa acima do solo (AGB) e abaixo do solo (BGB). Estes dois valores adicionados ((0,53 + 0,94) t C ha<sup>-1</sup>) traduzem o crescimento anual total (1,47 t C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

Neste contexto, para cálculo de  $\Delta C_G$ , considerou-se 1,40 t C ha<sup>-1</sup>.

A perda anual de carbono na biomassa ( $\Delta C_L$ ), foi considerada zero, pressupondo que é uma pastagem natural, não intervencionada.

A tabela 2.15., resume os dados para o cálculo da variação de carbono no reservatório da biomassa, na conversão de floresta em pastagem.

**Tabela 2.15.** – Resumo de dados, para o cálculo da variação anual de carbono na biomassa total, na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 ( $\Delta A_{TO\_OTHERS}$  de 2001)

Ano de 2001					
Povoamento	$\Delta A_{TO\_OTHERS}$ (ha)	$\Delta C_G$ (t C ha <sup>-1</sup> )	CF (t C (t d.m.) <sup>-1</sup> )	B <sub>AFTER</sub> (t C)	B <sub>BEFORE</sub> (t C)
Pinheiro-bravo	849,555	1,4	0,5	13,5	76,8
Eucalipto	394,110	1,4	0,5	13,5	57,5
Carvalho	43,065	1,4	0,5	13,5	19,(3)
Outras folhosas	18,270	1,4	0,5	13,5	53,0

As folhas de cálculo preenchidas, para cada um dos doze anos do inventário, constam do anexo 1 (A1.30 - 2001 a 2012), como referido acima.

### **Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta**

Para estimar a variação de carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais), recorreu-se à equação 6 - ( $\Delta C_{DOM} = \frac{(Cn - Co) \cdot Aon}{Ton}$ ). Esta equação é comum ao cálculo da estimativa da variação anual no reservatório de carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais), na conversão de pastagem em floresta.

Recorreu-se, também, à folha de cálculo 3B3b (1 de 1) - A1.31, que consta do anexo 1 (A1.31 - 2001 a 2012).

À semelhança do trabalho efetuado, aquando da conversão de pastagem em floresta, usaram-se dados do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (APA, 2014), que, constam da tabela 2.7.

Por a tabela não referir a subcategoria de carvalho, considerou-se o mesmo valor que para outras folhosas, uma vez que este povoamento é de folha larga, similar àquele tipo de arborização, em conformidade com a opção efetuada para a conversão de pastagem em floresta.

Segundo a folha de cálculo utilizada 3B3b (1 de 1) - A1.31, o período de tempo de transição é um ano, o que se traduz num valor de cálculo bastante elevado dado que o

quociente da equação 6 é 1. Por se terem usado dados do NIR que consideram um período de transição de 20 anos, tanto para a conversão de pastagem em floresta como de floresta em pastagem, optou-se, por uma questão de exatidão e coerência, por utilizar o período de 20 anos.

Os valores considerados para as áreas parcelares dos diferentes povoamentos ( $A_{on}$ ), carbono na matéria orgânica morta na nova categoria uso do solo ( $C_n$ ), carbono na matéria orgânica morta na anterior categoria de uso do solo ( $C_o$ ) e intervalo de tempo de transição do anterior para o novo uso do solo ( $T_{on}$ ), na conversão de floresta em pastagem, para o ano de 2001 (a título de exemplo; áreas de 2001), resumem-se na tabela 2.16.

**Tabela 2.16.** – Resumo de dados, para o cálculo da variação anual de carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais), na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 ( $A_{on}$  de 2001)

Ano de 2001				
Espécies Florestais	$A_{on}$ (ha ano <sup>-1</sup> )	$C_o$ (t C ha <sup>-1</sup> )	$C_n$ (t C ha <sup>-1</sup> )	$T_{on}$ (yr)
Pinheiro-bravo	1305x0,651=849,555	2,96	0,41	20
Eucalipto	1305x0,302= 394,110	1,85	0,41	20
Carvalho	1305x0,033 = 43,065	1,85	0,41	20
Outras folhosas	1305x0,014 = 18,270	1,85	0,41	20

O procedimento para os outros anos do inventário é o mesmo, sendo que os cálculos, respeitantes a cada um deles apenas diferem nas áreas; as folhas de cálculo preenchidas, para os doze anos do inventário, constam do anexo 1 (A1.31 - 2001 a 2012).

### **Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico no solo**

Motivos que se prendem com o facto de não se ter optado pelo uso da folha de cálculo 3B3b (1 de 2) - A1.32, sugerida pelos guias do IPCC (IPCC, 2006a), que permite efetuar o cálculo da variação de carbono no reservatório de carbono orgânico no solo, na conversão de floresta em pastagem, levaram a que se prescindisse do uso da equação nela sugerida.

Este facto deve-se a não se terem encontrado dados disponíveis, nacionais ou regionais, para usar a equação correspondente, à semelhança do que havia acontecido na conversão de pastagem em floresta. De forma idêntica usaram-se os dados do NIR que constam na tabela 2.9, do presente relatório, onde se apresentam os valores da variação

anual do reservatório de carbono orgânico em solos minerais na conversão de floresta em pastagem, para cada um dos povoamentos, respeitante a um hectare de solo.

A justificação, então apresentada, para a escolha do fator de emissão para a subcategoria de carvalho, na conversão de pastagem em floresta, mantém-se na conversão de floresta em pastagem.

Os valores considerados para as áreas parcelares, dos diferentes povoamentos e os fatores de emissão a aplicar na alteração do reservatório de carbono orgânico em solos minerais no ano de 2001 (a título de exemplo; áreas de 2001), na conversão de floresta em pastagem, resumem-se na tabela 2.17.

**Tabela 2.17.** – Resumo de dados, para o cálculo da alteração de carbono orgânico em solos minerais, na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 (áreas de 2001)

Ano de 2001		
Povoamentos	Áreas (ha)	Fator de emissão (t C ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
Pinheiro-bravo	849,555	-2,1
Eucalipto	394,110	-1,4
Carvalho	43,065	-1,8

O valor anual de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ) foi calculado mediante o produto do fator de emissão pela área.

O procedimento para cada um dos anos do inventário é o mesmo, sendo que os cálculos, respeitantes a cada um deles, apenas diferem nas áreas.

Do anexo 1 consta, a folha de cálculo 3B3b (1 de 2) - A1.32, que, por motivos óbvios, se apresenta em branco.

### 3. Resultados e discussão

---

#### 3.1. Conversão de pastagem em floresta – Distrito de Leiria – 2001-2012

##### 3.1.1. Variação de carbono no reservatório da biomassa

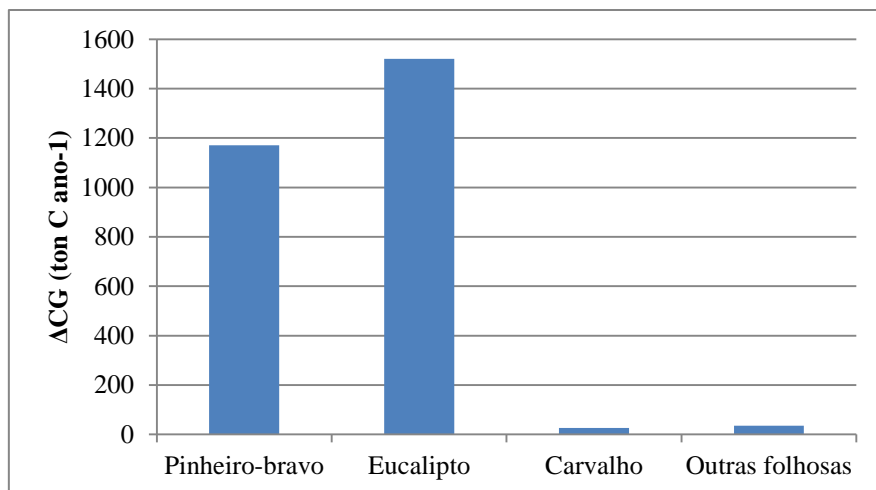
###### Aumento anual de carbono no reservatório da biomassa

A estimativa efetuada para o aumento anual de carbono no reservatório da biomassa devido ao crescimento da biomassa total (biomassa acima do solo e biomassa abaixo do solo) - ( $\Delta C_G$ ) -, na conversão de pastagem em floresta, respeitante aos quatro povoamentos em estudo, é de 2752,853 t C (anexo 1 – folha de cálculo A1.14). Os valores parcelares para cada um dos povoamentos (pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas), bem como o respetivo somatório, apresentam-se na tabela 3.1.

**Tabela 3.1.** – Aumento anual de carbono no reservatório da biomassa, devido ao crescimento da biomassa total ( $\Delta C_G$ ) na conversão de pastagem em floresta

<b>Povoamentos</b>	<b><math>\Delta C_G</math> (t C ano<sup>-1</sup>)</b>
Pinheiro-bravo	1170,824
Eucalipto	1520,812
Carvalho	25,966
Outras folhosas	35,251
$\Sigma$	<b>2752,853</b>

Os valores parcelares deixam bem claro que, na conversão de pastagem em floresta, o contributo dado pelo povoamento de eucalipto é o mais significativo, no aumento anual de carbono na biomassa. A figura 3.1, ilustra esta constatação.



**Figura 3.1.** – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para o aumento anual de carbono no reservatório da biomassa, devido ao crescimento da biomassa total ( $\Delta C_G$ ), na conversão de pastagem em floresta.

Mediante consulta da tabela 2.6. (capítulo Materiais e Métodos), verifica-se que este contributo do eucalipto se deve ao valor atribuído para a média de crescimento anual de biomassa ( $G_{TOTAL}$ ), atendendo a que, comparativamente ao pinheiro-bravo, a sua área é aproximadamente metade deste. Esta situação atesta que o crescimento do eucalipto é mais rápido que o do pinheiro.

Por a área apresentada na plataforma *online* “Global Forest Watch”, Hansen et al., (2013a) se referir à média anual de ganhos de cobertura florestal, dos doze anos respeitantes a este inventário, a estimativa do total de aumento de carbono, devido ao crescimento da biomassa total para os 12 anos, na conversão de pastagem em floresta, resulta em 33 034,236 t C (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2.** – Aumento de carbono no reservatório da biomassa total ( $\Delta C_G$ ), devido à conversão de pastagem em floresta - Distrito de Leiria (2001-2012)

N.º de anos do inventário	$\Delta C_G$ total, na biomassa total (t C)
12	33 034,236

### **Perda anual de carbono devido à perda de biomassa**

Da reflexão feita para obter a perda anual de carbono por remoção de biomassa, e atendendo à falta de elementos para poder trabalhar, assumiu-se ser este valor zero,

dada a impossibilidade de aplicar as equações necessárias ao respetivo cálculo, conforme foi referido na metodologia.

O facto de se assumir zero para a perda anual **de carbono devido à perda de biomassa** ( $\Delta C_L$ ) vai ao encontro da pretensão de se realizarem cálculos conservadores no que respeita à emissão de C. Deste modo e tendo em atenção que  $\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$ , considera-se que  $\Delta C_B = \Delta C_G$ , podendo admitir-se que, na conversão de pastagem em floresta, ocorreu uma remoção de **33 034,236 t C**, da atmosfera para a biomassa dos quatro povoamentos em estudo, no intervalo de tempo compreendido entre 2001 e 2012.

### 3.1.2. Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta (resíduos vegetais)

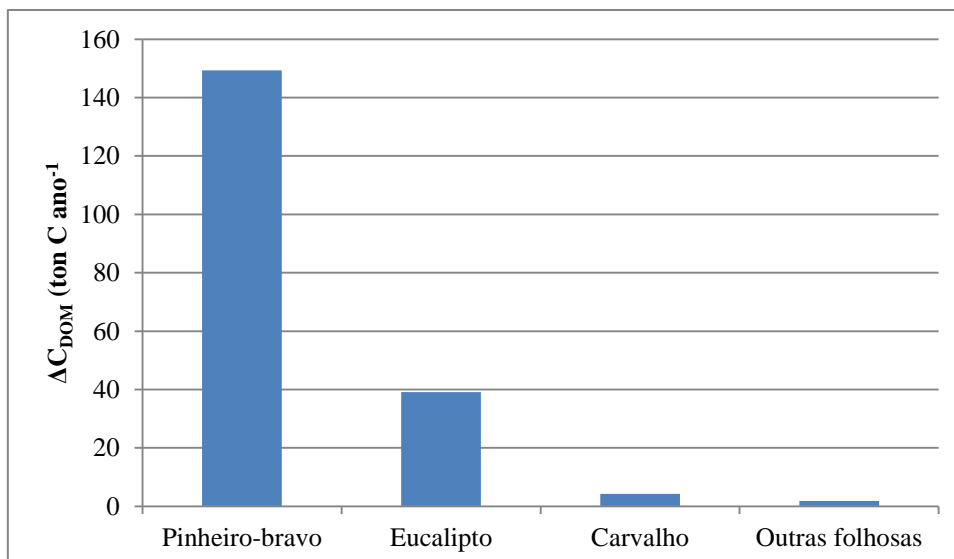
A estimativa efetuada para a variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta (resíduos vegetais), na conversão de pastagem em floresta ( $\Delta C_{DOM}$ ), respeitante aos quatro povoamentos em estudo é de 194,473 t C (anexo 1 – folha de cálculo A1.18). Os valores parcelares para cada um dos povoamentos (pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas), bem como o respetivo somatório, apresentam-se na tabela 3.3.

**Tabela 3.3.** - Variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de pastagem em floresta

Povoamentos	$\Delta C_{DOM}$ (t C ano <sup>-1</sup> )
Pinheiro-bravo	149,280
Eucalipto	39,107
Carvalho	4,273
Outras folhosas	1,813
$\Sigma$	<b>194,473</b>

Os valores parcelares apresentados, indicam o pinheiro-bravo como a espécie florestal que dá um contributo, substancialmente mais elevado, na variação anual de carbono na matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de pastagem em floresta.

A figura 3.2., apresenta um gráfico de barras que facultava uma melhor perceção do contributo dado por cada um dos povoamentos, para a variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de pastagem em floresta.



**Figura 3.2.** – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de pastagem em floresta.

Mediante consulta da tabela 2.8. (capítulo Materiais e Métodos), verifica-se que este contributo se deve não só à maior área do povoamento, como ao coeficiente de carbono na matéria orgânica morta, na nova categoria do uso do solo ( $C_n$ ), também ser de valor superior.

Para os doze anos do inventário a variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta (resíduos vegetais), na conversão de pastagem em floresta, é da ordem de 2333,676 t C (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4.** – Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta (resíduos vegetais) – ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de pastagem em floresta - Distrito de Leiria 2001-2012

Número de anos do inventário	$\Delta C_{DOM}$ total na matéria orgânica morta (t C)
12	2333,676

### 3.1.3. Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico no solo

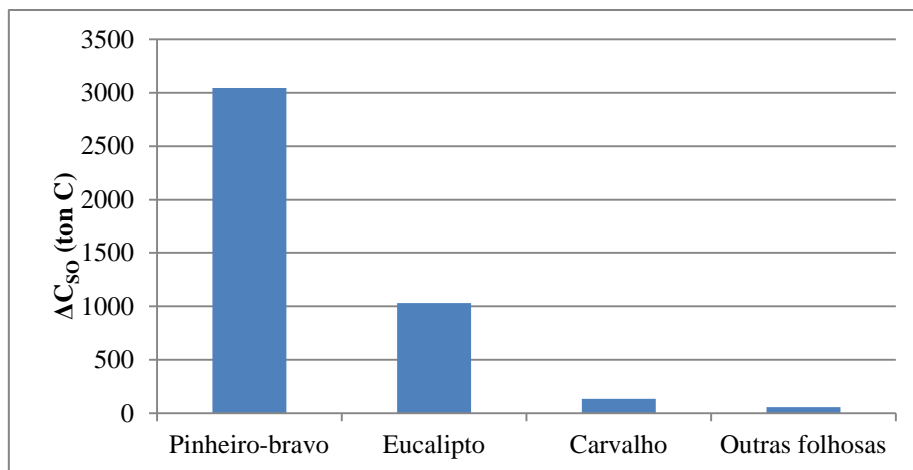
A estimativa efetuada para a variação anual de carbono no reservatório de carbono orgânico no solo, na conversão de pastagem em floresta ( $\Delta C_{SO}$ ), respeitante aos quatro povoamentos em estudo, é de 4270,540 t C. Os valores parcelares para cada um dos povoamentos (pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas), bem como o respetivo somatório, apresentam-se na tabela 3.5.

**Tabela 3.5.** - Variação anual de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), na conversão de pastagem em floresta

Povoamentos	$\Delta C_{SO}$ (t C)
Pinheiro-bravo	3044,142
Eucalipto	1031,979
Carvalho	136,507
Outras folhosas	57,912
$\Sigma$	<b>4270,540</b>

Verifica-se que o maior contributo na variação anual de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), na conversão de pastagem em floresta é dado pelo povoamento de pinheiro-bravo.

Na figura 3.3., apresenta-se um gráfico de barras que faculta uma melhor perceção do contributo dado por cada um dos povoamentos, para a variação anual de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais, na conversão de pastagem em floresta.



**Figura 3.3.** – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação anual de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{so}$ ), na conversão de pastagem em floresta.

Consultada a tabela 2.10. (capítulo Materiais e Métodos), constata-se que o contributo do pinheiro-bravo se deve não só à maior área do povoamento, como ao fator de remoção de C em solos minerais na conversão de pastagem em floresta.

Na tabela 3.6., apresenta-se o resultado obtido, para os doze anos do inventário.

**Tabela 3.6.** - Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{so}$ ), na conversão de pastagem em floresta - Distrito de Leiria, 2001-2012

Número de anos do inventário	$\Delta C_{so}$ total em solos minerais (t C)
12	51 246,480

O valor obtido, de 51 246,480 t C, corresponde à retenção de carbono que se verificou no solo mineral, durante aquele intervalo de tempo.

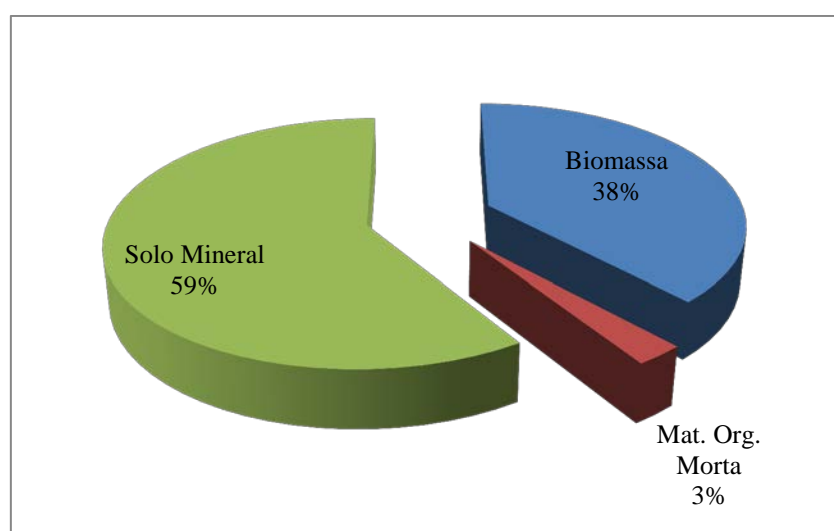
### 3.1.4. Resultados globais da variação de carbono – pastagem/floresta

O balanço total de carbono, inerente à conversão de pastagem em floresta, no intervalo de tempo deste inventário, 2001-2012, é de 86 614,392 t C. A tabela 3.7., resume os valores do ganho de carbono, em todos os reservatórios, nomeadamente na biomassa (acima e abaixo do solo), na matéria orgânica morta (resíduos vegetais) e no solo mineral.

**Tabela 3.7.** – Ganho de carbono no ecossistema, na conversão de pastagem em floresta – Distrito de Leiria, 2001-2012

No crescimento da biomassa (AB + BB) (t C)	Na matéria orgânica morta (DW) (t C)	No solo mineral (SO) (t C)	Soma (t C)
33 034,236	2333,676	51 246,480	86 614,392

Os valores apresentados na tabela 3.7., foram traduzidos num gráfico, com desagregação, respeitantes às percentagens respetivas, que se apresentam na figura 3.4.



**Figura 3.4.** - Ganho de carbono no ecossistema, na conversão de pastagem em floresta (valores globais) Distrito de Leiria, 2001-2012

Os valores parcelares de ganho de carbono, permitem verificar que o solo mineral, na conversão de pastagem em floresta, tem um peso muito grande na absorção de carbono (ca. 59%), substancialmente superior ao que é absorvido pela biomassa (ca. 38%), tendo a matéria orgânica morta um valor pouco significativo.

Face aos resultados obtidos constatou-se que, na conversão de pastagem em floresta, teve lugar um ganho de carbono no ecossistema, o que indica ter ocorrido um fluxo de carbono da atmosfera para o ecossistema tendo, assim, a floresta funcionado como sumidouro de carbono.

Esta situação é expectável em função de resultados de trabalhos efetuados por diversos autores/organismos, já citados na subsecção 1.3. deste relatório, que revelam ser o comportamento típico de captura de CO<sub>2</sub> para o ecossistema, nas conversões de Outros

tipos de Uso do Solo para Floresta (IPCC, 1996; Boscolo e Buongiorno, 1997; Fearnside *et al.*, 1999; Kauffwan *et al.*, 1994; Woomer *et al.*, 1998; APA, 2014).

Um estudo específico, efetuado na zona Mediterrânica da Andaluzia - Espanha, permitiu constatar que a arborização provocou um aumento de carbono orgânico no solo e deu um contributo para o sequestro de  $8,62 \text{ Mg ha}^{-1}$  no intervalo de tempo de 1956-2007 (Muñoz-Rojas, *et al.*, 2012). A situação de captura verificou-se no presente trabalho, embora o contributo tenha sido da ordem de  $2,37 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

O solo que predomina no distrito de Leiria é de tipo mineral, em que os Cambissolos, Luvisolos e Podzóis são maioritários. Segundo Gamboa e Galiza (2011), o solo mineral facilmente armazena ou perde carbono, sendo que o solo de tipo Cambissolo aumenta o reservatório de carbono em 69% quando terras aráveis são convertidas em floresta (Muñoz-Rojas *et al.*, 2012).

Pese embora haja sempre incertezas associadas a estudos deste âmbito, constata-se que os estudos efetuados pelos diferentes autores referidos, o NIR português (APA, 2014) e a DGT (DGT, 2014), permitem verificar que há unanimidade em se considerar que os solos, particularmente os minerais, na conversão de pastagem em floresta, dão um contributo significativo na retenção de carbono e, conseqüentemente, contribuem para que o fluxo de carbono ocorra da atmosfera para o ecossistema.

## **3.2. Conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria – 2001-2012**

### **3.2.1. Variação de carbono no reservatório da biomassa**

A estimativa efetuada para a variação anual de carbono no reservatório da biomassa total, biomassa acima e abaixo do solo ( $\Delta C_B$ ), na conversão de floresta em pastagem, respeitante aos quatro povoamentos em estudo, no ano de 2001, é de  $-34\,218,267 \text{ t C}$ , significando uma perda de carbono para a atmosfera.

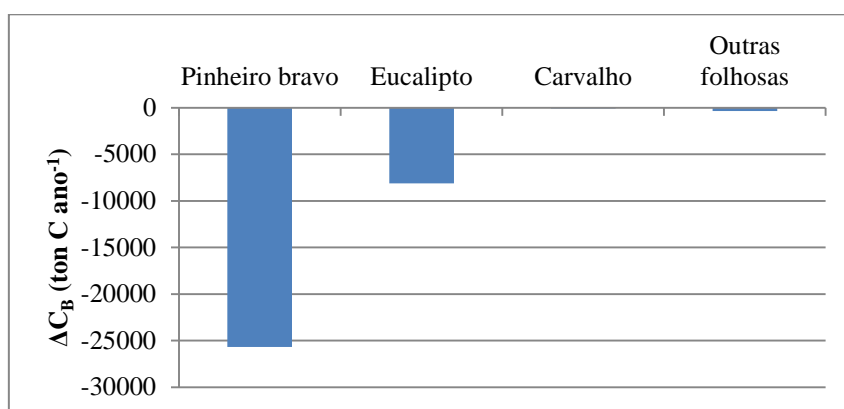
Os valores parcelares para cada um dos povoamentos (pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas), bem como o respetivo somatório, apresentam-se na tabela 3.8.

**Tabela 3.8.** - Variação anual de carbono no reservatório da biomassa total ( $\Delta C_B$ ), na conversão de floresta em pastagem – ano de 2001 ( $\Delta C_B$  de 2001)

Povoamento	$\Delta C_B$ (t C ano <sup>-1</sup> )
Pinheiro bravo	-25 699,039
Eucalipto	-8118,666
Carvalho	-65,308
Outras folhosas	-335,255
$\Sigma$	<b>-34 218,267</b>

Da análise da tabela 3.8., constata-se que o pinheiro-bravo é a espécie florestal que tem maior contributo, na variação anual de carbono no reservatório da biomassa total, na conversão de floresta em pastagem.

A figura 3.5., apresenta um gráfico de barras que permite visualizar, o contributo dado por cada um dos povoamentos para a variação anual de carbono ocorrida no reservatório da biomassa total ( $\Delta C_B$ ), no ano de 2001, na conversão de floresta em pastagem.



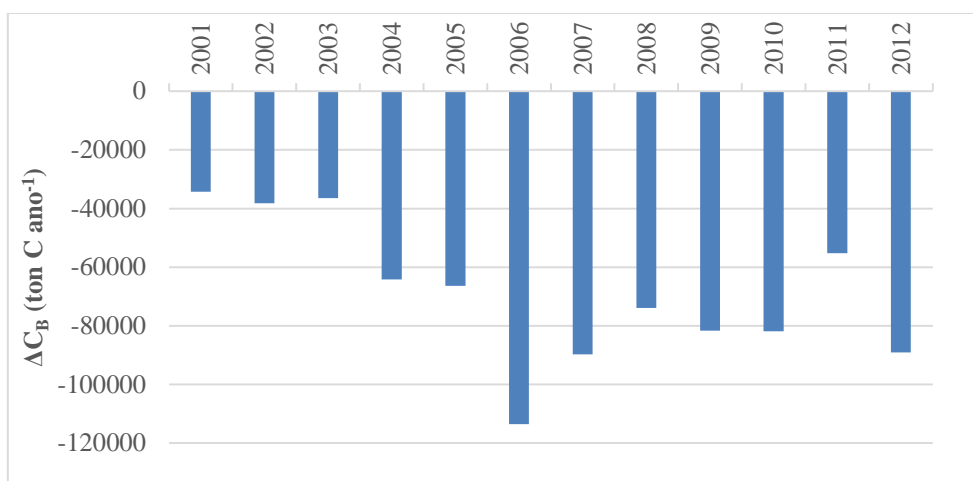
**Figura 3.5.** – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação anual de carbono no reservatório da biomassa total ( $\Delta C_B$ ), no ano de 2001, na conversão de floresta em pastagem.

Consultada a tabela 2.12. (capítulo Materiais e Métodos), constata-se que o contributo do pinheiro-bravo se deve não só à maior área do povoamento, como ao coeficiente da biomassa total antes da conversão, que também é de valor superior.

A variação de carbono no reservatório da biomassa, devido à conversão de floresta em pastagem, respeitante aos quatro povoamentos em estudo, para os doze anos do

inventário é de -824 415,100 t C, conforme consta das folhas de cálculo 3B3b (1 de 1) - A1.30 (anexo 1 – folhas de cálculo A1.30 - 2001 a 2010).

A figura 3.6., dá uma visão abrangente da evolução verificada ao longo do período do inventário, no que se prende com a variação de carbono no reservatório da biomassa, na conversão de floresta em pastagem.



**Figura 3.6.** – Variação de carbono no reservatório da biomassa ( $\Delta C_B$ ), devido à conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012)

Da análise deste gráfico, verifica-se que a maior variação de carbono no reservatório da biomassa, na conversão de floresta em pastagem, se verificou no ano de 2006, e a menor no ano de 2001.

Os anos respeitantes à década de 2001-2010, não correspondem aos dados fornecidos pelo Instituto de Conservação da Natureza e Floresta – (ICNF) - (AFN, 2014), no que diz respeito às áreas ardidas, já que os anos mais negros da primeira década de 2000 ocorreram em 2003 e 2005 (Tabela 1.4). Assim os picos de perda de carbono não coincidem com os picos de área ardida no distrito.

Constata-se, no entanto, que há uma tendência para que o pico de perda de carbono se verifique no ano seguinte ao pico de área ardida; esta tendência verificou-se, essencialmente, no ano de 2006, sendo também de destacar que, aparentemente, e de um modo geral a metodologia de observação de satélite parece amortizar os picos, diluindo-os no tempo. Esta ocorrência talvez se explique pelo facto de a área de perda de coberto, dada pelo satélite, ser a área que no pixel de 30 m x 30 m deixa de ter árvores com mais de 5 m de altura e/ou cobertura superior a 30%.

Muitas das árvores ardidas não são totalmente eliminadas, não permitindo ao satélite fazer essa observação, ou seja, o incêndio nem sempre elimina as árvores de forma que a percentagem de cobertura desça abaixo de 30% e/ou que a sua altura se reduza a menos de 5 m. Esta é a razão pela qual os picos não têm, necessariamente, de coincidir; No entanto, constata-se que no período de 2001 a 2010, há alguma similitude entre a área florestal que ardeu e área de floresta perdida no distrito, cujo incêndio se acredita ser a principal causa de desflorestação, embora não seja a única, pois o corte de arborização para a indústria também se acredita ter ocorrido, embora em escala comparativamente diminuta. A diferença que ocorreu entre 34 014 ha, valor fornecido pelo IFN<sub>5</sub> relativo a áreas ardidas e 25 937 ha, valor fornecido pela plataforma *online* “Global Forest Watch” relativo a áreas perdidas de coberto arbóreo, permite-nos alvitrar que, no máximo, 24,75% da floresta que ardeu não terá sido totalmente eliminada; isto porque também poderá haver uma parcela que diz respeito a corte de arborização, nomeadamente eucaliptos.

### 3.2.2. Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta (resíduos vegetais)

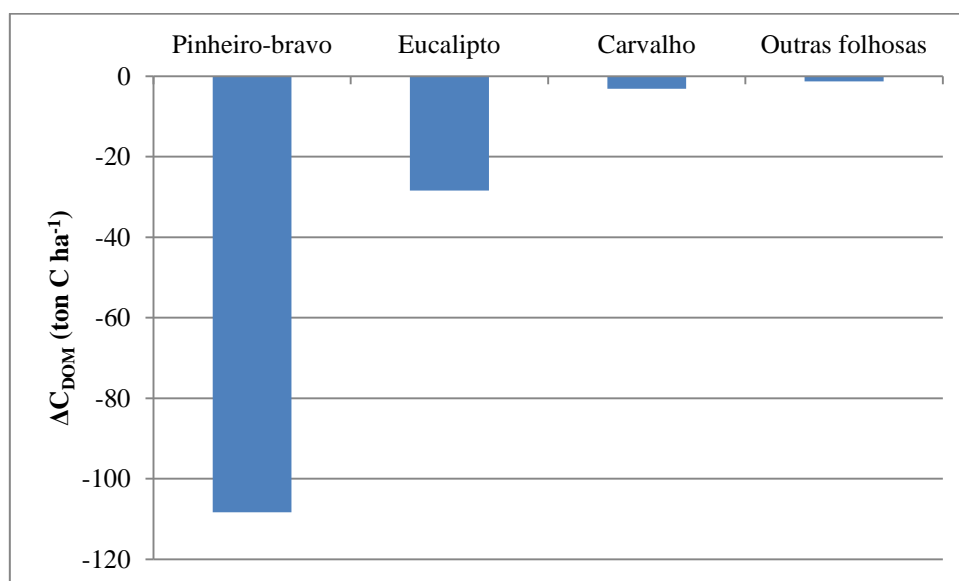
A estimativa efetuada para a variação anual de carbono na matéria orgânica morta (resíduos vegetais), na conversão de floresta em pastagem ( $\Delta C_{DOM}$ ), respeitante aos quatro povoamentos em estudo, é de -141,110 t C, para o ano 2001. Os valores parcelares para cada um dos povoamentos (pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas), bem como o respetivo somatório, apresentam-se na tabela 3.9.

**Tabela 3.9.** - Variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 ( $\Delta C_{DOM}$  de 2001)

Povoamentos	$\Delta C_{DOM}$ (t C ano <sup>-1</sup> )
Pinheiro-bravo	-108,318
Eucalipto	-28,376
Carvalho	- 3,101
Outras folhosas	-1,315
$\Sigma$	<b>-141,110</b>

Da análise da tabela 3.9., constata-se que o pinheiro-bravo é a espécie florestal que tem maior contributo, na variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), na conversão de floresta em pastagem.

A figura 3.7., permite visualizar, o contributo dado por cada um dos povoamentos para a variação anual de carbono ocorrida no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), no ano de 2001, na conversão de floresta em pastagem.

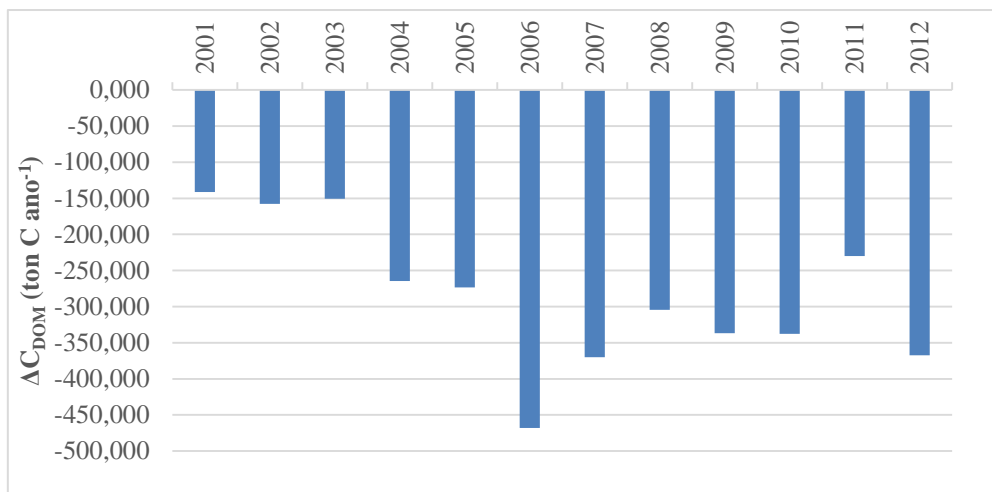


**Figura 3.7.** – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação anual de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), no ano de 2001, na conversão de floresta em pastagem.

Consultada a tabela 2.16. (capítulo Materiais e Métodos), constata-se que o contributo do pinheiro-bravo se deve não só à maior área do povoamento, como ao coeficiente de carbono na matéria orgânica morta, na anterior categoria de uso do solo, ser de valor superior.

A variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta, devido à conversão de floresta em pastagem, respeitante aos quatro povoamentos em estudo, para os doze anos do inventário é de -3402,002 t C, conforme consta das folhas de cálculo 3B3b (1 de 1) - A1.31 (anexo 1 – folhas de cálculo A1.31, 2001-2010).

A figura 3.8., mostra a evolução verificada ao longo do período do inventário, no que respeita à variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta.



**Figura 3.8.** – Variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta ( $\Delta C_{DOM}$ ), devido à conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012).

Analisando este gráfico constatamos similitude com o anterior (figura 3.6.), que se prende com a variação de carbono no reservatório de carbono da biomassa, verificando-se que a maior variação de carbono no reservatório da matéria orgânica morta, na conversão de floresta em pastagem, respeita no ano de 2006, e a menor no ano de 2001.

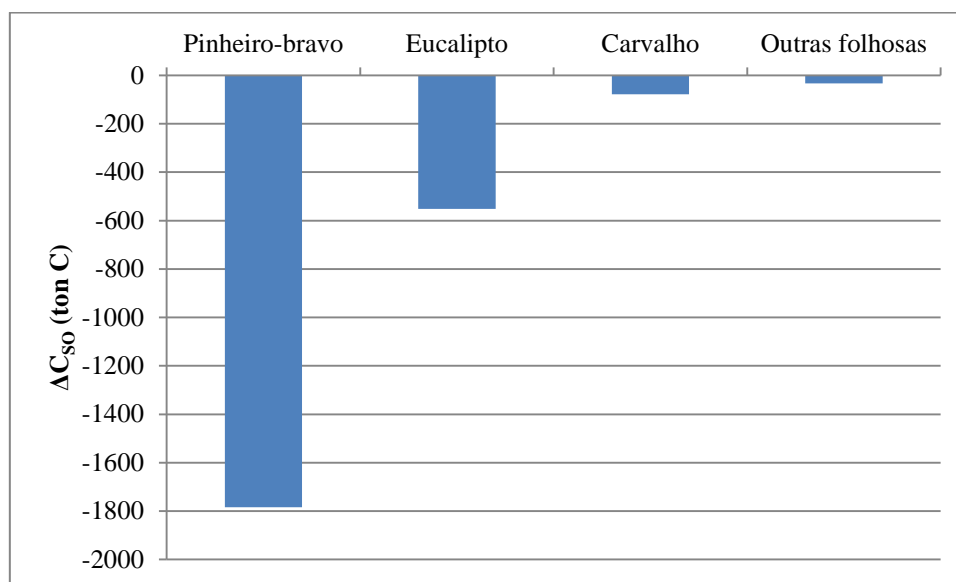
### 3.2.3. Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico no solo

A estimativa efetuada para a variação anual de carbono do reservatório de carbono orgânico em solos minerais, na conversão de floresta em pastagem, respeitante aos quatro povoamentos em estudo é de -2446,223 t C para o ano 2001. Os valores parcelares para cada um dos povoamentos (pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas), bem como o respetivo somatório, apresentam-se na tabela 3.10.

**Tabela 3.10.** – Variação anual de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), na conversão de floresta em pastagem – exemplo para o ano de 2001 ( $\Delta C_{SO}$  de 2001)

Povoamentos	$\Delta C_{SO}$ (t C)
Pinheiro-bravo	-1784,066
Eucalipto	-551,754
Carvalho	-77,517
Outras folhosas	-32,886
$\Sigma$	-2446,223

Da análise da tabela 3.10., constata-se que o pinheiro-bravo é a espécie florestal que tem maior contributo, na variação anual de carbono do reservatório de carbono orgânico em solos minerais na conversão de floresta em pastagem. Os respetivos dados estão ilustrados na Figura 3.9.

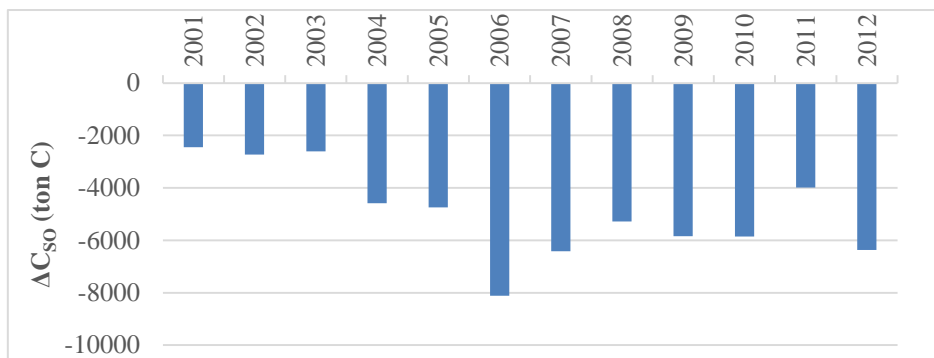


**Figura 3.9.** – Contributo dado por pinheiro-bravo, eucalipto, carvalho e outras folhosas para a variação de carbono, no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{SO}$ ), no ano de 2001, na conversão de floresta em pastagem.

Mediante consulta da tabela 2.17. (capítulo Materiais e Métodos), verifica-se que o maior contributo do pinheiro-bravo se deve à maior área do povoamento e ao fator de emissão de C, respeitante aos solos minerais, na conversão de floresta em pastagem, ser de valor superior.

A variação de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais, devido à conversão de floresta em pastagem, para os 12 anos de estudo, é de -58 975,522 ton C.

A figura 3.10., traduz a variação de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais, ao longo dos doze anos deste estudo.



**Figura 3.10.** – Variação de carbono no reservatório de carbono orgânico em solos minerais ( $\Delta C_{so}$ ), devido à conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012).

Motivos óbvios levam a que, da análise da figura, se constate similitude com os anteriores, que se prendem com a variação no reservatório de carbono na biomassa e na matéria orgânica morta, verificando-se que o pico máximo da perda de carbono em solos minerais respeita ao ano de 2006 e o pico mínimo ao ano de 2001.

### 3.2.4. Resultados globais da variação de carbono – floresta/pastagem

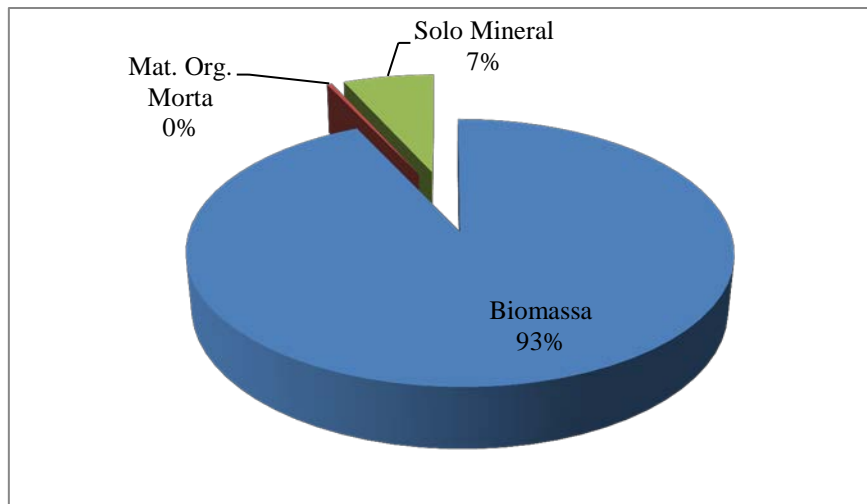
Feito o cômputo global respeitante à conversão de floresta em pastagem, obteve-se o valor -886 792,624 t C que corresponde à perda de carbono para a atmosfera. A tabela 3.11., resume os valores relativos à perda de carbono respeitante à biomassa (incluindo biomassa acima e abaixo do solo), à matéria orgânica morta (incluindo resíduos vegetais) e ao solo mineral.

**Tabela 3.11.** – Perda de carbono no ecossistema na conversão de floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012)

Na biomassa (AB + BB) (t C)	Na matéria orgânica morta (DW) (t C)	No solo mineral (SO) (t C)	Soma (t C)
-824 415,100	-3402,002	-58 975,522	-886 792,624

Mediante análise sumária da tabela 3.11., constata-se que a maior perda de carbono ocorreu no reservatório da biomassa total.

O gráfico da figura 3.11., traduz, de forma visualmente mais evidente, estes valores.



**Figura 3.11.** – Perda de carbono no ecossistema na conversão de floresta em pastagem (valores globais) – Distrito de Leiria (2001-2012)

Na conversão de floresta em pastagem, a perda de carbono é bastante mais significativa na biomassa (ca. 93%), que no solo mineral (ca. 7%), não tendo significado relevante a perda na matéria orgânica morta.

Constata-se que, na conversão de floresta em pastagem, ocorreu uma perda de carbono no ecossistema, o que indica ter havido um fluxo de carbono do ecossistema para a atmosfera. Esta circunstância deve-se ao facto de ter havido substancial perda de arborização e as pastagens que a substituíram, não terem o mesmo poder de captura de carbono.

Em conformidade com o que foi exposto na subsecção 1.3., quando se verifica conversão de Floresta para Outros tipos de Uso do Solo o comportamento típico é de libertação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Mann, 1986; Davidson e Ackerman, 1993; McGuire *et al.*, 2001; Houghton, 1996, 1998; Houghton *et al.*, 1999; Pacala *et al.*, 2001; APA, 2014), uma vez que a desflorestação, geralmente, leva a perdas substanciais de carbono de vegetação e solos (Mann, 1986; Davidson e Ackerman, 1993).

A perda de carbono na biomassa é evidente sendo a perda de carbono no solo bastante mais sub-reptícia. No que se prende com o solo este facilmente armazena ou perde carbono consoante a conversão ocorrida (Gamboa e Galiza, 2011).

Munõz-Rojas *et al.* (2012), ao estudarem o impacto da alteração do uso do solo no sul de Espanha, concluíram que os Cambissolos, Luvisolos e Vertisols perdem quantidades significativas de carbono após desflorestação.

O comportamento inerente aos solos é devido a vários fatores, já citados na subsecção 1.3., sendo de salientar as características climáticas que podem conduzir a fluxos em sentidos opostos numa mesma conversão de uso do solo. Segundo Guo e Gifford, (2002), para valores de precipitação anual abaixo de 1000 mm, constata-se que, na conversão de floresta em pastagem, o reservatório de carbono orgânico no solo tende a diminuir, o que está consistente com o presente estudo.

Apesar das incertezas que sempre se verificam neste tipo de estudos, todos os que foram referidos incluindo os estudos nacionais (APA, 2014; DGT, 2014) indicam haver unanimidade no que se prende com a perda de carbono, aquando da conversão de floresta em pastagem, indo ao encontro dos resultados obtidos no presente trabalho.

### 3.3. Resultados globais totais – conversões de pastagem em floresta e de floresta em pastagem

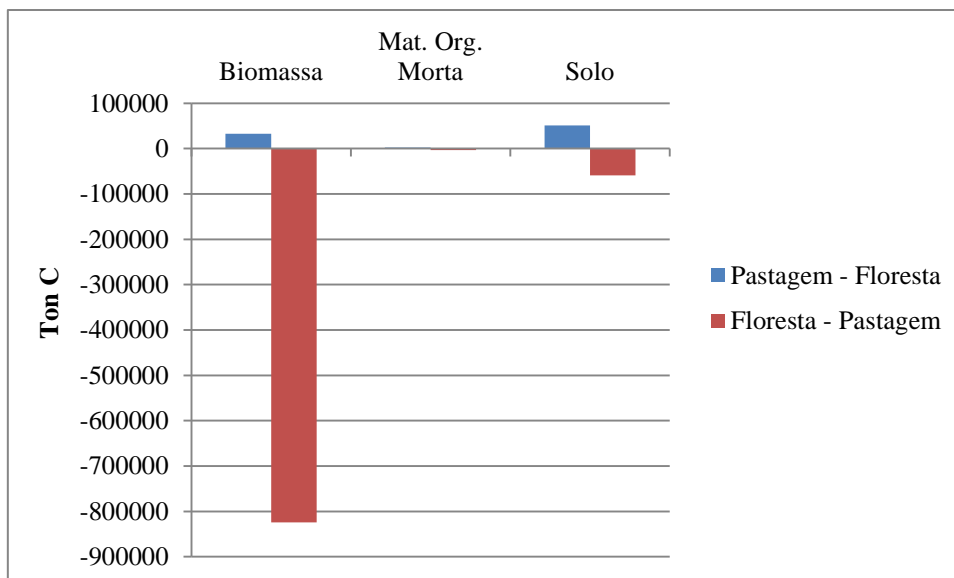
O balanço global de carbono inerente às conversões de pastagem em floresta e de floresta em pastagem nos 12 anos de estudo, calculado pela equação 1 deste trabalho, é de -800 178,250 t C, resultado indicado na tabela 3.12.

**Tabela 3.12.** – Balanço global de carbono, na conversão de pastagem em floresta e floresta em pastagem – Distrito de Leiria (2001-2012)

$\Delta C_{FL}(t\ C)$	$\Delta C_{GL}(t\ C)$	$\Delta C_{AFOLU}(t\ C)$
86 614,392	-886 792,624	-800 178, 232

Da leitura sumária da tabela 3.12., verifica-se que o maior contributo para o balanço global de carbono ( $\Delta C_{AFOLU}$ ), se deve à conversão de floresta em pastagem.

A figura 3.12., apresenta o contributo dos reservatórios da biomassa, matéria orgânica morta e solos minerais para o balanço global de carbono, ocorrido no intervalo de tempo em estudo.



**Figura 3.12.** – Contributo do reservatório da biomassa, matéria orgânica morta e solos minerais na conversão de pastagem em floresta e vice-versa (valores globais), para o balanço global de carbono Distrito de Leiria (2001-2012).

Como se pode constatar, a diferença ocorrida no reservatório de carbono na matéria orgânica morta nas duas conversões, não tem significado, sendo também pouco significativa a diferença no reservatório de carbono nos solos minerais, relativamente às duas conversões. No que diz respeito ao carbono no reservatório da biomassa, a conversão de floresta em pastagem tem um peso substancialmente mais elevado que, neste trabalho, rondou os 81%, um contributo bastante pesado na emissão de CO<sub>2</sub> a que deu lugar.

Do que se foi observando, gradualmente, ao longo da elaboração deste trabalho e que se constata, globalmente, no gráfico da figura 3.11., indiscutivelmente, a alteração do uso e ocupação do solo, no caso das florestas, têm significado preponderante na emissão/remoção de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, particularmente negativo quando ocorre desflorestação por incêndios ou cortes de arborização, citando as principais causas.

### **Conversão de carbono em dióxido de carbono emitido para a atmosfera**

O resultado da variação de carbono no setor AFOLU deste estudo, -800 178, 232 t C, foi multiplicando por  $(-44,01/12,011)$  de forma a ser convertido para CO<sub>2</sub> e ter-se em conta, não o ecossistema mas sim a atmosfera, para a qual ocorreram emissões de CO<sub>2</sub>, mantendo a coerência com os relatórios nacionais e internacionais de emissões de GEE.

O valor obtido é de 2 931 966,030 t CO<sub>2</sub> e corresponde à quantidade de CO<sub>2</sub> que se estima ter sido emitida para a atmosfera, nas conversões de pastagem em floresta e de floresta em pastagem, ocorridas no Distrito de Leiria entre 2001 e 2012. Para se dar uma ideia, esta emissão de CO<sub>2</sub> é equivalente à emissão de cerca de 650 000 automóveis ligeiros a percorrer 25 000 km, considerando um fator médio de emissão de 180 g CO<sub>2</sub> km<sup>-1</sup>. Se se assumir que 1 automóvel percorre em média os 25 000 km por ano, poder-se-à dizer que o impacto da florestação e desflorestação no Distrito de Leiria entre 2001 e 2012 foi equivalente à emissão de 650 000 automóveis ligeiros a circular durante 1 ano.

O presente trabalho foi realizado com acuidade, tentando usar dados atuais, preferencialmente distritais e, na sua falta, dados nacionais, se disponíveis, recorrendo a fontes fidedignas, nomeadamente a APA e a AFN.

Pese embora haja sempre incertezas inerentes a um trabalho deste cariz, a metodologia usada foi conservativa, apontando no sentido de não empolar os valores de emissão de carbono, nem minorar os de captura. Assim, na conversão de pastagem em floresta, ao usar a fórmula “Tier 1”, não se contabilizou a biomassa de pastagem perdida na conversão; não só se ignorou esta biomassa como se assumiu, nas duas conversões, a perda anual de carbono devido à perda de biomassa ( $\Delta C_L$ ) de valor zero.

Os dados de áreas de floresta perdidas e ganhas foram retirados da plataforma *online* “Global Forest Watch” que, como foi justificado no capítulo 2 deste relatório, são dados baseados em critérios específicos que podem incutir alguma incerteza, quando comparados com dados nacionais, por exemplo da AFN, que recorre a outros métodos de análise. No entanto, a plataforma é uma ferramenta valiosa, que permite a monitorização por uma metodologia padronizada da evolução da floresta no tempo, o que ajuda a estimar as inerentes implicações, entre as quais os impactos no balanço de CO<sub>2</sub>, associados à florestação e desflorestação de uma determinada região.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## 4. – Conclusão

---

O trabalho que foi desenvolvido ao longo deste projeto e que o presente relatório apresenta, teve por objetivo estimar o balanço entre as remoções e emissões de CO<sub>2</sub>, que ocorrem quando o uso e cobertura do solo são alterados, em particular no setor da floresta, no que se prende com a alteração de e para a floresta no distrito de Leiria, nos doze anos que medeiam janeiro de 2001 e dezembro de 2012.

Na consecução do trabalho recorreu-se à plataforma *online* “Global Forest Watch” para obtenção dos dados da alteração florestal. A metodologia desta plataforma permite identificar áreas de perda e ganho de cobertura florestal, através de imagens de satélite, oferecendo fiabilidade para arborização com altura superior a 5 metros e percentagem de coberto superior a 30%, nos pixels analisados.

Para estimar o balanço de carbono na alteração do uso do solo, usou-se a metodologia “Tier 1” que o IPCC sugere, recorrendo às respetivas equações que se reportam aos inventários nacionais de GEE do setor da Agricultura, Floresta e Outros tipos de Uso do Solo. Foram usadas as folhas de cálculo “Tier 1”, sugeridas pelo IPCC, para a grande maioria das situações de cálculo de emissões e remoções de carbono.

Fez-se uma simplificação do estudo, porque a maior área que se perde é devida a desflorestação, em consequência dos incêndios, e a maior área que se ganha é devida à plantação de espécies florestais, assumindo-se que a perda de área florestal ocorreu por conversão de floresta em pastagem, enquanto o ganho de área florestal ocorreu por conversão de pastagem em floresta.

Para os dois tipos de conversão considerou-se a variação nos três reservatórios de carbono: biomassa viva (acima e abaixo do solo), matéria orgânica morta (resíduos vegetais) e carbono orgânico nos solos minerais. Nestas conversões consideraram-se coeficientes atuais à data, sempre que possível nacionais; teve-se o cuidado de considerar uma estratégia conservativa, não empolando os valores de emissão de carbono, nem minorando os de captura, com o objetivo de potenciar a captura e não a emissão.

Na conversão de pastagem em floresta estimou-se que ocorreu um ganho de carbono na área convertida, da ordem de 86 614,392 t C, tendo o reservatório que mais contribuiu

para este ganho sido o do solo mineral com 51 246,480 t C (ca. 59%), seguido do reservatório da biomassa, com um ganho de 33 034,236 t C (ca. 38%). Inerente a este ganho, o fluxo de carbono, ocorreu da atmosfera para o ecossistema, tendo a floresta funcionado como sumidouro de carbono.

Na conversão de floresta em pastagem estimou-se que ocorreu uma perda de carbono na área convertida, da ordem de 886 792,624 t C, tendo o reservatório que mais contribuiu para esta perda sido o da biomassa, com uma perda de 824 415,100 t C (ca. 93%), seguido do reservatório do solo mineral com uma perda de 58 975,522 t C (ca. 7%). Nesta conversão o fluxo de C ocorreu do ecossistema para a atmosfera, correspondendo a uma emissão.

Feito o cômputo global, os resultados respeitantes à estimativa das duas conversões traduzem uma perda de carbono bastante acentuada, da ordem de 3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, que foram emitidos para a atmosfera. Por analogia, este valor corresponde às emissões de 650 000 automóveis ligeiros a percorrer 25 000 km, considerando um fator médio de emissão de 180 g CO<sub>2</sub> km<sup>-1</sup>.

Tem-se consciência que, a um trabalho deste cariz há sempre uma margem de incerteza que lhe é inerente. No que diz respeito aos dados das áreas de perdas e ganhos de floresta, obtidos na plataforma *online* “Global Forest Watch”, há sempre incertezas respeitantes a algumas particularidades, que se prendem com o critério de avaliação de cobertura florestal e com o facto de nem todos os povoamentos serem totalmente eliminados, quando ocorrem incendimentos. No entanto, a metodologia que é usada pela plataforma é valiosa e vantajosa, porque fornece dados de forma rápida, padronizada e com cadência anual, o que não é conseguido pelos Inventários Florestais Nacionais. Desta forma, considera-se que esta ferramenta é uma referência, que permite que se faça a monitorização da floresta de forma equilibrada, e que serve de base à avaliação das possíveis implicações nas alterações ocorridas.

A principal dificuldade que se ofereceu na realização deste trabalho, teve a ver com a recolha de dados a considerar para alguns dos coeficientes a aplicar, no sentido de conseguir uma estratégia conservadora e atual, minorando incertezas. Nesta linha o facto de se terem que fazer assunções, em algumas conversões, indo ao encontro de uma estimativa que, por um lado não empolasse os valores de emissão de carbono e por outro também não minorasse os valores de captura, foi uma situação de compromisso.

## Referências Bibliográficas

---

- AFN, 2010. *Inventário Florestal Nacional de Portugal Continental. 5º Inventário Florestal Nacional 2004-2006. Apresentação do Relatório Final*. Autoridade Florestal Nacional. Direção Nacional de Gestão Florestal. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn5/Apresenta-IFN5-AFN-DNGF-JP.pdf>. Acedido em: 2014-10-24.
- AFN, 2011. *Áreas ardidadas*. Autoridade Florestal Nacional. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/dfci/cartografia/info-geo> Acedido em: 2015-06-15.
- AFN, 2012. *Número de ocorrências e de área ardidada dos grandes incêndios florestais ( $\geq 100$  ha) em Portugal continental, por decénios*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. Disponível em: <http://www.icnf.pt/>. Acedido em: 2015-02-18.
- AFN, 2013. *Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental. Resultados preliminares*. pdf, 34 pp. Instituto da Conservação da Natureza e Florestas. Lisboa. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/resource/ficheiros/ifn/ifn6-res-prelimv1-1>. Acedido em: 2014-10-02.
- AFN, 2013a. Guia de Utilização de espécies arbóreas indígenas em Portugal continental. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/gf/prdflo/resource/doc/arvor-indigen-pt-contin>. Acedido em 2015-01-24.
- AFN, 2013b. IFN6 – *Termos e definições*. pdf, 16 pp., versão 1.0. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. Disponível em: [www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn6](http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn6). Acedido em: 2015-02-10.
- AFN, 2014. *Áreas ardidadas e ocorrências - 2001-2011. Relatório anual*, excel. Autoridade Florestal Nacional. Direção Nacional de Gestão Florestal. Disponível em: [www.icnf.pt/portal/florestas/dfci/Resource/doc/rel/2011/reifin-11](http://www.icnf.pt/portal/florestas/dfci/Resource/doc/rel/2011/reifin-11). Acedido em: 2015-06-23.

- AFN, 2015. *A ocupação Florestal do Solo em Portugal Continental*. pdf, 18 pp. Disponível em: [www.icnf.pt/.../florestas/.../ocupacao-florestal-JS%20Uva\\_11\\_06\\_2015](http://www.icnf.pt/.../florestas/.../ocupacao-florestal-JS%20Uva_11_06_2015). Acedido em: 2015-07-22.
- Aires, L. M. I.; Pio, C. A.; Pereira, J. S., 2008. Carbon dioxide exchange above a Mediterranean C3/C4. *Global Change Biology*, 14, 539–555.
- Almeida, C.; Mendonça, J. J. L.; Jesus, M. R.; Gomes, A. J., 2000. Sistema aquífero Vieira de Leiria - Marinha Grande (O12). *Centro de Geologia. Instituto da Água*, p. 281. Disponível em: [http://www.snirh.apambiente.pt/snirh/download/aquiferos.../Ficha\\_O12.pdf](http://www.snirh.apambiente.pt/snirh/download/aquiferos.../Ficha_O12.pdf). Acedido em: 2015-03-12.
- Antrop, M., 1998. “Landscape change: Plan or chaos?”. *Landscape and Urban Planning*, 41, 155-161.
- APA, 2014. *Relatório de Inventário Nacional de Gases de Efeito de Estufa* (Portuguese National Inventory Report on greenhouse gases) – 1990-2012. Agência Portuguesa do Ambiente. Disponível em: <http://www.apambiente.pt>. Acedido em: 2015-03-05.
- APRPS, 2014. Principais causas de incêndios florestais em Portugal: variação espacial no período 2001/12. Associação portuguesa de riscos, prevenção e segurança. *Revista Territorium*, 21, 2014, RISCOS, ISB: 0872-8941. Disponível em: <https://digitalis.uc.pt/pt-pt/node/106201?hdl=35125>. Acedido em: 2014-11-16.
- AP, 2004. *Árvores e arbustos de Portugal*. Disponível em: <http://www.arvoresdeportugal.free.fr/>. Acedido em: 2015-04-04.
- Bala, G.; Caldeira, K.; Wickett, M.; Phillips, T. J.; Lobell, D. B.; Delire, C.; Mirin, A., 2007. Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 6550–6555.
- Barbeiro, A.; Reis R.; Silva, A. A.; Vale, M. J. L., 2013. Landyn - *Alterações de uso e ocupação do solo em Portugal Continental (dec. 80 até à actualidade)*. IV Encontro de Sistemas de Informação Geográfica – 31 de Maio de 2013. Direção Geral do Território, Lisboa. Disponível em: [http://www.sigcontro.esa.ipcb.pt/Comunica/III\\_2\\_A.pdf](http://www.sigcontro.esa.ipcb.pt/Comunica/III_2_A.pdf). Acedido em: 2015-06-05.
- Bashkin, M. A.; Binkley, D., 1998. Changes in soil carbon following afforestation in Hawaii. *Ecology*, 79, 828–833. pdf. Disponível em:

- <http://www.warnercnr.colostate.edu/~dan/.../Ecology>, 79, 1998. Acedido em: 2015-07-15.
- Batista, F. O., 2010. *O Espaço Rural. Declínio da Agricultura*. Lisboa: Celta Editora.
- Bento-Gonçalves, A.; Vieira, A.; Úbera, X.; Martin, D., 2012. Fire and soils: key concepts and recent advances. *Geoderma*, 191, 3-13.
- Boscolo, M.; Buongiorno, J., 1997. Managing a tropical rainforest for timber, carbon storage and tree diversity. *Commonwealth Forestry Review*, 76, 246-254.
- Carvalho, A.; Flannigan, M. D.; Logan, K.; Miranda, A. I.; Borrego, C., 2008. “Five activity in Portugal and its relationship to Weather and the Canadian Fire Weather Index System”. *International Journal of Wildland Fire*, 17, 328-338.
- Chambel, S., 2005. *Artigo da semana, 2005-04-01*. Disponível em: ([http://www.ideiasambientais.com.pt/florestas\\_ambiente.html](http://www.ideiasambientais.com.pt/florestas_ambiente.html)). Acedido em 2015-03-18.
- Crispim, J. A., 2010. GEOTIC – Sociedade Geológica de Portugal. Revista eletrónica de Ciências da Terra. ISSN 1645-0388. *Congresso nacional de Geologia, e – Terra*, 18, 4.
- Davidson, E.A. e Ackerman I. L., 1993. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry*, 20, 161–193.
- Deluca, T. H. e Boisvenue, C., 2012. Boreal forest soil carbon: distribution, function and modelling. *Forestry* 85, 161-184.
- DGF, 2001. *Inventário Florestal Nacional 4 – Portugal Continental, 3.ª Revisão, 1995-1998*. Direção Geral das Florestas, Lisboa. Disponível em: <http://www.icnf.pt/portal/florestas/ifn/ifn4>. Acedido em: 2014-10-18.
- DGT, 2014. LANDYN - *Land use and land cover change in Continental Portugal: characterization, driving forces and future scenarios*. Technical for the LANDYN Project CO<sub>2</sub> emissions and removals from the LULUCF sector.
- Dixon R. K.; Solomon, A. M.; Brown, S.; Houghton, R. A.; Trexler, M. C.; Wisniewski, J., 1994. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. *Science*, 263, 185-190.
- Fabião, A. M. D., 1992. *Árvores e Florestas* (2ª ed.), p. 8. Disponível em: [www.ensino.uevora.pt/mpa](http://www.ensino.uevora.pt/mpa). Acedido em: 2015-02-05.
- FAO, 1988. *Soils map of the world: revised legend*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

- FAO, 2001. *The State of Food and Agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Disponível em [www.fao.org/docrep/003/x9800e/x9800e00.HTM](http://www.fao.org/docrep/003/x9800e/x9800e00.HTM). Acedido em: 2015-07-23.
- Fearnside, P. M. *et al.*, 1999. Tropical forest burning in Brazilian Amazonian: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pará. *Forest Ecology and Management*, 123, 65-79.
- Ferreira, A. M. P. J., 2000. *Caraterização de Portugal Continental*. Capítulo 2, p. 19.
- Foley, J. A.; DeFries R.; Asner, G. P. *et al.*, 2005. Global consequences of land use. *Science*, 309, 570–574.
- FOREST EUROPE, UNECE and FAO, 2011, *State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe*. ISBN 978-82-92980-05-7 Disponível em: [http://www.foresteuropa.org/documentos/State\\_of\\_Europes\\_Forests\\_2011\\_Report\\_Revised\\_November\\_2011.pdf](http://www.foresteuropa.org/documentos/State_of_Europes_Forests_2011_Report_Revised_November_2011.pdf). Acedido em: 2014-11-29.
- Goulden, M. L.; Wofsy, S. C.; Harden, J. W.; Trumbore, S. E.; Crill, P. M.; Gower, S. T.; Fries, T.; Daube, B. C.; Fan, S. M.; Sutton, D. J.; Bazzaz, A.; Munger, J. W., 1998. Sensitivity of boreal forest carbon balance to soil thaw. *Science*, 279, 214-217.
- Guo, L. B. e Gifford, R. M., 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, 8, 345–360.
- Hansen, M. C.; Potapov, P. V.; Moore, R.; Hancher, M.; Turubanova, S. A.; Tyukavina, A.; Thau, D.; Stehman, S. V.; Goetz, S. J.; Loveland, T. R.; Kommareddy, A.; Egorov, A.; Chini, L.; Justice, C. O.; Townshend, J. R. G., 2013a. “Hansen/UMD/Google/USGS/NASA Tree Cover Loss and Gain Area.” University of Maryland, Google, USGS, and NASA. Disponível em: [www.globalforestwatch.org](http://www.globalforestwatch.org). Acedido em: 2014-11-11.
- Hansen, M. C.; Potapov, P. V.; Moore, R.; Hancher, M.; Turubanova, S. A.; Tyukavina, A.; Thau, D.; Stehman, S. V.; Goetz, S. J.; Loveland, T. R.; Kommareddy, A.; Egorov, A.; Chini, L.; Justice, C. O.; Townshend, J. R. G., 2013b. “High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change.” *Science*, 342 (15 November), 850–853. Data available on-line from: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>. Acedido em: 2014-11-11.

- Henriques, M. V. e Dinis, J., 2005. *Avaliação do Enchimento Sedimentar Holocénico na Planície Aluvial da Nazaré* (Estremadura Portuguesa). Disponível em: [www.fc.ul.pt](http://www.fc.ul.pt) > início > centro de geologia. Acedido em: 2015-05-31.
- Houghton, R. A., 1994. *As florestas e o ciclo de carbono global: armazenamento e emissões atuais*. In: Emissão X Sequestro de CO<sub>2</sub> – Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil, 1994.
- Houghton, R. A., 1996. Terrestrial sources and sinks of carbon inferred from terrestrial data. *Tellus*, 48B, 420–432.
- Houghton, R. A., 1998. *Historic role of forests in the global carbon cycle*. In: (eds. Kohlmaier, G. H.; Weber, M.; Houghton, R. A.). Carbon dioxide mitigation in forestry and wood industry. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- IPCC, 1996. *Climate change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of climate change. A technical analysis*. Contribution of working group II. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 878.
- IPCC, 2006a. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [Eggleston H.S.; Buendia L.; Miwa K.; Ngara T.; Tanabe K. (eds)]. Published: IGES, Japan.
- IPCC, 2006b. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: chapter 3 of Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [Eggleston H. S.; Buendia L.; Miwa K.; Ngara T.; Tanabe K. (eds)]. Published: IGES, Japan.
- IPCC, 2006c. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: chapter 2 of Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [Eggleston H.S.; Buendia L.; Miwa K.; Ngara T.; Tanabe K. (eds)]. Published: IGES, Japan.
- IPCC, 2006d. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: annex 1 of Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [Eggleston H.S.; Buendia L.; Miwa K.; Ngara T.; Tanabe K. (eds)]. Published: IGES, Japan.
- IPCC, 2007: *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K. B.; Tignor, M.; Miller, H. L.

- (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2013: *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G. K.; Tignor, M.; Allen, S. K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; Midgley, P. M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Karhu, K.; Fritze, H.; Hamalainen, K.; Vanhala, P.; Jungner, H.; Oinonen, M.; Sonninen, E.; Tuomi, M.; Spetz, P.; Kitunen, V.; Liski, J., 2010. Temperature sensitivity of soil carbon fractions in boreal forest soil. *Ecology*, 91, 370-376.
- Kauffman, J. B.; Cummings, D. L.; Ward, D. E., 1994. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along vegetation gradient in the Brazilian cerrado. *Journal of Ecology*, 82, 519-531.
- Kilgore, M. *et al.*, 2013. “Challenges in characterizing a parcelized forest landscape: Why metric, scale, threshold, and definitions matter”. *Landscape and Urban Planning*, 110, 36-47.
- Lambin, E. F. e Geist, H. J., 2006. *Land use and land cover change. Local processes and global impacts, global change*. The IGBP Series, ed. Springer Verlag: Berlin.
- Li D.; Niu, S.; Luo, Y., 2012. Global patterns of the dynamics of soil carbon and nitrogen stocks following afforestation: a meta-analysis. *New Phytologist*, 195, 172–181.
- Lourenço, L. e Gonçalves, A. B., 1990. As situações meteorológicas e a eclosão-propagação dos grandes incêndios florestais registados durante 1989 no Centro de Portugal. In “*Congresso Florestal Nacional*”, Porto, Portugal, 755-763.
- Lourenço, L., 1988. Tipos de tempo correspondentes aos grandes incêndios florestais ocorridos em 1986 no Centro de Portugal. *Finisterra*, 23, 251-270.
- Lourenço, L., 1991. Uma fórmula expedita para determinar o índice meteorológico de eclosão de fogos florestais em Portugal Continental. *Cadernos Científicos de Incêndios Florestais*, Coimbra, Portugal.
- Mann, L.K. 1986. Changes in soil carbon storage after cultivation. *Soil Sci.*, 142, 277–288.
- McGuire, A. D.; Sitch, S.; Clein, J. S.; Dargaville, R.; Esser, G.; Foley, J.; Heimann, M.; Joos, F.; Kaplan, J.; Kicklighter, D. W.; Meier, R. A.; Melillo, J. M.; Moore

- III, B.; Prentice, I. C.; Ramankutty, N.; Reichenau, T.; Schloss, A.; Tian, H.; Williams, L. J.; Wittenberg, U., 2001. Carbon balance of the terrestrial biosphere in the twentieth century. Analyses of CO<sub>2</sub>, climate and land use effects with four process-based ecosystem models, *Global Biogeochem Cy*, 15, 183–206.
- Meneses, B. M., 2013. Análise das alterações do uso e ocupação do solo no Vale do Varosa (Portugal) mediante imagens Landsat-TM e sua influência na conservação do solo. *GeoFocus*, 13, 270-290.
- Moreira, N., 2002. *Agronomia das forragens e pastagens* (extra-série). Vila Real: UTAD. ISBN:972-669-487-6DL:176616/02, 21-22.
- Muñoz-Rojas, M.; Jordán, A.; Zavala, L. M.; De La Rosa, D.; Abd-Elmabod, S. K.; Anaya-Romero, M., 2012. Organic carbon stocks in Mediterranean soil types under different land uses (Southern Spain). *Solid Earth Discussions*, 4, 1–34.
- NICIF, 2005. Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais. Faculdade Letras da Universidade de Coimbra. *Folha Viva n.º 30*. Ano VIII, janeiro-março. Jornal dos Clubes da Floresta do Projeto Prosepe. Floresta convida. Disponível em:[http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Edicoes\\_PROSEPE/Edicoes\\_Didaticas/JFV/FV30.pdf](http://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Edicoes_PROSEPE/Edicoes_Didaticas/JFV/FV30.pdf). Acedido em 2014-12-18.
- Nunes, A. N., 2012. “Regional variability and driving forces behind forest fires in Portugal, and overview of the last three decades (1980-2009)”. *Applied Geography*, 34, 576-586.
- Nunes, A. N.; Lourenço, L.; Bento-Gonçalves, A.; Vieira, A., 2013. “Três décadas de incêndios florestais em Portugal: incidência especial e principais fatores responsáveis”. *Cadernos de geografia*, 32, 133-143.
- Pacala, S.W.; Hurtt, G. C.; Baker, D.; Peylin, P.; Houghton, R. A.; Birdsey, R. A.; Heath, L.; Sundquist, E. T.; Stallard, R. F.; Ciais, P.; Moorcroft, P.; Caspersen, J. P.; Shevliakova, E.; Moore, B.; Kohlmaier, G.; Holland, E.; Gloor, M.; Harmon, M. E.; Fan, S.-M.; Sarmiento, J. L.; Goodale, C. L.; Schimel, D. e Field, C. B., 2001. Consistent land and atmosphere-based US carbon sink estimates. *Science* 292, 2316–2320.
- Pan, Y. D.; Birdsey, R. A.; Fang, J. Y.; Houghton, R.; Kauppi, P. E.; Kurz, W. A.; Phillips, O. L.; Shvidenko, A.; Lewis, S. L.; Canadell, J. G.; Ciais, P.; Jackson, R. B.; Pacala, S. W.; McGuire, A. D.; Piao, S. L.; Rautiainen, A.; Sitch, S.; Hayes, D., 2011. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science* 333, 988-993.

- Paulo, M. J. e Tavares, M., 1996. Policiclismo do crescimento do pinheiro bravo do litoral português. *Silva Lusitana*, 4, 25-38.
- Pausas, J. G.; Vallejo, R., 1999. The role fire in European Mediterranean ecosystems. In *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Basin*. Springer, Berlin, 3-16.
- Pereira, J. S., 2014. *O Futuro da Floresta em Portugal*. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos. ISBN: 978-989-8662-05-7.
- Pereira, M. G.; Trigo, R. M.; DA Câmara, C. C.; Pereira, J. C.; Leite, S. M., 2005. Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal. *Agricultural and Forest Meteorology*, 129, 11-25.
- Poças, I. et al., 2011. An evaluation of changes in a mountainous rural landscape of Northeast Portugal using remotely sensed data. *Landscape and Urban Planning*, 101, 253–261.
- Radich, M. C., 1994. *Uma exótica em Portugal*. *Ler história*, 25, 11-26.
- Radich, 2007. Introdução e expansão do eucalipto em Portugal. In Silva, J. S., Coord. *Pinhais e eucaliptais – a floresta cultivada*. público/FLAD/LPN, 151-165.
- Rebelo, F., 1980. Condições de tempo favoráveis à ocorrência de incêndios florestais. Análise de dados referentes a julho e agosto de 1975, na área de Coimbra. *Biblos*, 56, 653-673.
- Schulp, C. J. E.; Nabuurs, G. J.; Verburg, P. H., 2008. Future carbon sequestration in Europe—Effects of land use change. Contents lists available at ScienceDirect. Agriculture, Ecosystems and Environment. *Journal homepage*: [www.elsevier.com/locate/agee](http://www.elsevier.com/locate/agee).
- Sousa, A., 1994. 1325-1480 Condicionamentos básicos. In Mattoso, J., Coord. *História de Portugal. A Monarquia Feudal (1096-1480) vol 2*. Lisboa: *Estampa*, 313-389.
- Stephens, B. B.; Gurney, K. R.; Tans, P. P.; Sweeney, C.; Peters, W.; Bruhwiler, L.; Ciais, P.; Ramonet, M.; Bousquet, P.; Nakazawa, T.; Aoki, S.; Machida, T.; Inoue, G.; Vinnichenko, N.; Lloyd, J.; Jordan, A.; Heimann, M.; Shibistova, O.; Langenfelds, R. L.; Steele, L. P.; Francey, R. J.; Denning, A. S.; 2007. Weak northern and strong tropical land carbon uptake from vertical profiles of atmospheric CO<sub>2</sub>. *Science*, 316, 1735.
- Strauss, D.; Bedner, L.; Mees, R., 1989. Do one percent of forest fires cause ninety-nine percent of the damage? *Forest Science*, 35 (2), 319-328.

- Sundell-Turner, N. e Rodewald, A., 2008. “A comparison of landscape metrics for conservation planning”. *Landscape and Urban Planning*, 86, 219-225.
- Tereso, J. P. V., 2012. *A evolução da paisagem nos últimos 12 000 anos, entre flutuações climáticas e pressão humana*. Paper presented at Conferências CEF/CEABN; 02-02-2012.
- Veiga, A. Q. N., 2011. *Caraterização Geotécnica dos Terrenos do Vale Tifónico Parceiros-Leiria*. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Geológica. Disponível em: <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/.../Tese%20v42%20final.pdf>.  
Acedido em: 2015-05-13.
- Viegas, D. X. e Viegas, M. T., 1994. A relationship between rainfall and burned area for Portugal. *International Journal of wildland Fire*, 4 (1), 11-16.
- Vieira, S. S.; Zotti, C. A.; Paulino, V. T., 2010. *Práticas de manejo para minimizar a emissão de gases de efeito estufa associadas ou não ao uso de fertilizantes*. pdf, p. 45. Disciplina Ecologia de Pastagens, Curso de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável. Instituto de Zootecnia, APTA/SAA. Disponível em: [www.caprilvirtual.com.br/Artigos/PraticasMinimizarEfeitoEstufa.pdf](http://www.caprilvirtual.com.br/Artigos/PraticasMinimizarEfeitoEstufa.pdf). Acedido em 2015-02-10.
- Walker, B. e Steffen, W., 1996. Global change and terrestrial ecosystems. *Cambridge University Press*, Cambridge, U. K., 619.
- Williams, M., 2003. *Deforesting the earth: from prehistory to global crisis*. Chicago: *University of Chicago Press*.
- Woomer, P. L. e Palm, C. A., 1998. An approach to estimating carbon stocks in tropical forests and associated land uses. *Commonwealth Forestry Review*, Oxford, 77, 181-190.
- Yonekura, Y.; Ohta, S.; Kiyono, Y.; Aksa, D.; Morisada, K.; Tanaka, N.; Tayasu, I., 2012. Dynamics of soil carbon following destruction of tropical rainforest and the subsequent establishment of Imperata grassland in Indonesian Borneo using stable carbon isotopes. *Global Change Biology*, 18, 2606–2616.



# Anexos

---

# Anexo 1

## Folha de cálculo A1.14

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Forest Land: Annual increase in carbon stocks in biomass (includes above-and below-ground biomass)						
Category code		3B1b						
Sheet		1 of 4						
Equation		Equation 2.2	Equation 2.9	Equation 2.10		Equation 2.9		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area of land Converted to Florest Land	Average annual above-ground biomass growth	Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass	Average anual biomass growth above and below-ground	Carbon fraction of dry matter	Annual increase in biomass carbon stocks due to biomass growth
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	[tonnes bg dm(tonnes ag dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
		National statistics or international data sources		Tables 4.9, 4.10 and 4.12	zero (0) or Table 4.4	$G_{TOTAL} = G_W * (1 + R)$	0,5 or Table 4.3	$\Delta C_G = A * G_{TOTAL} * CF$
		<b>A</b>		<b>G<sub>W</sub></b>	<b>R</b>	<b>G<sub>TOTAL</sub></b>	<b>CF</b>	<b>ΔC<sub>G</sub></b>
GL	FL	(a) <i>Pinus pinaster</i>	1798,50x0,651=1170,824	---	---	2,000	0,5	1170,824
		(b) <i>Eucalyptus sp.</i>	1798,50x0,302= 543,147	---	---	5,600	0,5	1520,812
		(c) Oak tree	1798,50x0,033= 59,351	---	---	0,875	0,5	25,966
		(d) Other broadleaves	1798,50x0,014= 25,179	---	---	2,800	0,5	35,125
<b>Total</b>			<b>1798,500</b>					<b>2752,853</b>

<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

## Folha de cálculo A1.15

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Land Converted to Forest Land: Loss of carbon from wood removals <sup>1</sup>					
Category code		3B1b					
Sheet		2 of 4					
Equation		Equation 2.2	Equation 2.12				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual wood removal	Biomass conversion and expansion factor for conversion of removals in merchantable volume to total biomass removals (including bark)	Ratio of belowground biomass to above-ground biomass	Carbon fraction of dry matter	Annual carbon loss due to biomass removals
Initial land use <sup>2</sup>	Land use during reporting year		(m <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup> )	[tonnes of biomass removals (m <sup>3</sup> of removals) <sup>-1</sup> ]	[tonnes bg dm (tonne ag dm) <sup>-1</sup> ]	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
			National statistics or international data sources	Table 4.5	zero (0) or Table 4.4	0.5 or Table 4.3	L <sub>wood-removals</sub> = H * BCEF <sub>R</sub> * (1+R) * CF
			H	BCEF <sub>R</sub>	R	CF	L <sub>wood-removals</sub>
GL	FL	(a)					
		(b)					
		(c)					
		(d)					
Total							

<sup>1</sup> This worksheet is to be used if the assumption is that losses are not zero. See Chapter 4.3.1.1.  
<sup>2</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

## Folha de cálculo A1.16

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use							
Category		Land Converted to Forest Land: Loss of carbon from fuelwood removals <sup>1</sup>							
Category code		3B1b							
Sheet		3 of 4							
Equation		Equation 2.2		Equation 2.13					
Land-use category		Subcategories for reporting year	Annual volume of fuelwood removal of whole trees	Biomass conversion and expansion factor for conversion of removals in merchantable volume to biomass removals (including bark)	Ratio of belowground biomass to above-ground biomass	Annual volume of fuelwood removal as tree parts	Basic wood densit	Carbon fraction of dry matter	Annual carbon loss due to fuelwood removal
Initial land use <sup>2</sup>	Land use during reporting year		m <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup> )	[tonnes of biomass removal (m <sup>3</sup> of removals) <sup>-1</sup> ]	[tonnes bg dm (tonne ag dm) <sup>-1</sup> ]	(m <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup> )	tones m <sup>-3</sup>	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
		FAO statistics		Table 4.5	zero (0) or Table 4.4	FAO statistics	Tables 4.13 and 4.14	0.5 or Table 4.3	L <sub>fuelwood</sub> = [FG <sub>trees</sub> * BCEF <sub>R</sub> * (1+R) + FG <sub>part</sub> * D] * CF
		FGtrees		BCEF <sub>R</sub>	R	FG <sub>parts</sub>	D	CF	L <sub>fuelwood</sub>
GL	FL	(a)							
		(b)							
		(c)							
		(d)							
Total									

<sup>1</sup> This worksheet is to be used if the assumption is that losses are not zero. See Chapter 4, Section 4.3.1.1.

<sup>2</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

## Folha de cálculo A1.17

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Forest Land: Loss of carbon from disturbance <sup>1</sup>						
Category code		3B1b						
Sheet		4 of 4						
Equation		Equation 2.2	Equation 2.14				Equation 2.7	
Land-use category			Area affected by disturbances	Average above-ground biomass of areas affected	Ratio of below-ground biomass to aboveground biomass	Carbon fraction of dry matter	Annual other losses of carbon	Annual decrease in carbon stocks due to biomass loss
Initial land use <sup>2</sup>	Land use during reporting year	Subcategories for reporting year	(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes bg dm (tonne ag dm) <sup>-1</sup> ]	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]
			National statistics or international data sources	Tables 4.7 and 4.8	zero (0) or Table 4.4	0.5 or Table 4.3	$L_{\text{disturbances}} = A_{\text{disturbances}} * B_W * (1+R) * CF * fd$	$\Delta C_L = L_{\text{wood-removals}} + L_{\text{fuelwood}} + L_{\text{disturbances}}$
			$A_{\text{disturbances}}$	BW	R	CF	$L_{\text{disturbances}}$	$\Delta C_L$
GL	FL	(a)						
		(b)						
		(c)						
		(d)						
Total								

<sup>1</sup> This worksheet is to be used if the assumption is that losses are not zero. See Chapter 4.3.1.1.

<sup>2</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column. Note: fd = fraction of biomass lost in disturbance

## Folha de cálculo A1.18

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use					
Category		Land Converted to Forest Land: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion					
Category code		3B1b					
Sheet		1 of 1					
Equation		Equation 2.2	Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock, under the new land-use category	Dead wood/litter stock, under the old land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year		(ha)	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
		National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 20		$\Delta C_{DOM} = A * (C_n - C_o) / T$
		<b>A</b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>T</b>		<b><math>\Delta C_{DOM}</math></b>
GL	FL	(a) <i>Pinus pinaster</i>	1798,50x0,651=1170,824	2,96	0,410	20	149,280
		(b) <i>Eucalyptus sp.</i>	1798,50x0,302= 543,147	1,85	0,410	20	39,107
		(c) Oak tree	1798,50x0,033= 59,351	1,85	0,410	20	4,273
		(d) Other broadleaves	1798,50x0,014= 25,179	1,85	0,410	20	1,813
<b>Total</b>			<b>1798,500</b>				<b>194,473</b>

<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.

Folha de cálculo A1.19

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use									
Category		Land Converted to Forest Land: Annual change in carbon stocks in mineral soils									
Category code		3B1b									
Sheet		1 of 2									
Equation		Equation 2.2	Equation 2.25, Formulation B in Box 2.1 of Section 2.3.3.1								
Land-use category	Subcategories of unique climate, soil, land-use change and management combinations	Area for land-use change by climate and soil combination	Reference carbon stock for the climate and soil combination	Time dependence of stock change factors (D) or number of years over a single inventory time period (T)	Stock change factor for land-use system in the last year of an inventory time period	Stock change factor for management regime in last year of an inventory period	Stock change factor for C input in the last year of the inventory period	Stock change factor for land-use system at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for management regime at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for C input at the beginning of the inventory time period	Annual change in carbon stocks in mineral soils
		(ha)	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year		Table 2.3; Section 2.3.3.1	(default is 20 yr; if T>D then use the value of T)	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	See Chap. 4, Sec. 4.3.3	$\Delta C_{\text{Mineral}}$ as in Eq. 2.25
		$A_{(0)}$	$SOC_{\text{ref}}$	D	$F_{LU(0)}$	$F_{MG(0)}$	$F_{I(0)}$	$F_{LU(0-T)}$	$F_{MG(0-T)}$	$F_{I(0-T)}$	$\Delta C_{\text{Mineral}}$
GL	FL	(a)		20							
		(b)		20							
		(c)		20							
		(d)		20							
Total											
1 If data by initial land use are not available, use only "non-FL" in this column.											

Folha de cálculo A1.30-2001

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2	Equation 2.16				Equation 2.15, 2.16			
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta_{ATO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
				<b><math>\Delta A_{TO\_OTHERS}</math></b>	<b><math>B_{AFTER}</math></b>	<b><math>B_{BEFORE}</math></b>	<b>CF</b>	<b><math>\Delta C_G</math></b>	<b><math>\Delta C_L</math></b>	<b><math>\Delta C_B</math></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	1305x0,651=849,555	13,5	76,8	0,5	1189,377	0,0	-25 699,039
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	1305x0,302=394,110	13,5	57,5	0,5	551,754	0,0	-8118,666
(c) Oak tree			Herbaceous	1305x0,033 = 43,065	13,5	19,(3)	0,5	60,291	0,0	-65,308
(d) Other broadleaves			Herbaceous	1305x0,014 = 18,270	13,5	53,0	0,5	25,578	0,0	-335,255
<b>Total</b>				<b>1305,000</b>						<b>-34 218,267</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.0,0  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2002

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b – A1.30-2002								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2	Equation 2.16				Equation 2.15, 2.16			
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) Pinus pinaster	GL	----	Herbaceous	1457x0,651=948,507	13,5	76,8	0,5	1327,910	0,0	-28 692,337
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	1457x0,302=440,014	13,5	57,5	0,5	616,020	0,0	-9064,288
(c) Oak tree			Herbaceous	1457x0,033= 48,081	13,5	19,(3)	0,5	67,313	0,0	-72,915
(d) Other broadleaves			Herbaceous	1457x0,014= 20,398	13,5	53,0	0,5	28,557	0,0	-374,303
<b>Total</b>				<b>1457,000</b>						<b>-38 203,843</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.0,0  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2003

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16			
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	1392x0,651=906,192	13,5	76,8	0,5	1268,669	0,0	-27 412,308
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Herbaceous	1392x0,302=420,384	13,5	57,5	0,5	588,538	0,0	-8659,910
(c) Oak tree			Herbaceous	1392x0,033= 45,936	13,5	19,(3)	0,5	64,310	0,0	-69,662
(d) Other broadleaves			Herbaceous	1392x0,014= 19,488	13,5	53,0	0,5	27,283	0,0	-357,605
<b>Total</b>				<b>1392,000</b>						<b>-36 499,485</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2004

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16			
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	2447x0,651=1592,997	13,5	76,8	0,5	2230,196	0,0	-48 188,159
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	2447x0,302= 738,994	13,5	57,5	0,5	1034,592	0,0	-15223,276
(c) Oak tree			Herbaceous	2447x0,033 = 80,751	13,5	19,(3)	0,5	113,051	0,0	-122,459
(d) Other broadleaves			Herbaceous	2447x0,014 = 34,258	13,5	53,0	0,5	47,961	0,0	-628,634
<b>Total</b>				<b>2447,000</b>						<b>-64 162,529</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2005

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16				Equation 2.15, 2.16		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHERS}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	2529x0,651=1646,379	13,5	76,8	0,5	2304,931	0,0	-49 802,965
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	2529x0,302 = 763,758	13,5	57,5	0,5	1069,261	0,0	-15 733,415
(c) Oak tree			Herbaceous	2529x0,033 = 83,457	13,5	19,(3)	0,5	116,840	0,0	-126,563
(d) Other broadleaves			Herbaceous	2529x0,014 = 35,406	13,5	53,0	0,5	49,568	0,0	-649,700
<b>Total</b>				<b>2529,000</b>						<b>-66 312,642</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2006

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16			
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	4330x0,651=2818,830	13,5	76,8	0,5	3946,362	0,0	-85 269,608
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	4330x0,302=1307,660	13,5	57,5	0,5	1830,724	0,0	-26 937,796
(c) Oak tree			Herbaceous	4330x0,033 = 142,890	13,5	19,(3)	0,5	200,046	0,0	-216,693
(d) Other broadleaves			Herbaceous	4330x0,014 = 60,620	13,5	53,0	0,5	84,868	0,0	-1112,377
<b>Total</b>				<b>4330,000</b>						<b>-113 536,473</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2007

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16			
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHERS}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	3422x0,651=2227,722	13,5	76,8	0,5	3118,811	0,0	-67 388,591
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Herbaceous	3422x0,302=1033,444	13,5	57,5	0,5	1446,822	0,0	-21 288,946
(c) Oak tree			Herbaceous	3422x0,033= 112,926	13,5	19,(3)	0,5	158,096	0,0	-171,252
(d) Other broadleaves			Herbaceous	3422x0,014= 47,908	13,5	53,0	0,5	67,071	0,0	-879,112
<b>Total</b>				<b>3422,000</b>						<b>-89 727,901</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2008

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16				Equation 2.15, 2.16		
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHERS}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	2817x0,651=1833,867	13,5	76,8	0,5	2567,414	0,0	-55 474,477
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	2817x0,302= 850,734	13,5	57,5	0,5	1191,028	0,0	-17 525,120
(c) Oak tree			Herbaceous	2817x0,033 = 92,961	13,5	19,(3)	0,5	130,145	0,0	-140,975
(d) Other broadleaves			Herbaceous	2817x0,014 = 39,438	13,5	53,0	0,5	55,213	0,0	-723,687
<b>Total</b>				<b>2817,000</b>						<b>-73 864,260</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

## Folha de cálculo A1.30-2009

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b (excerpt) – A1.30-2009								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16			
Land-use category			Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	3115x0,651=2027,865	13,5	76,8	0,5	2839,011	0,0	-61 342,916
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	3115x0,302= 940,730	13,5	57,5	0,5	1317,022	0,0	-19 379,038
(c) Oak tree			Herbaceous	3115x0,033= 102,795	13,5	19,(3)	0,5	143,913	0,0	-155,889
(d) Other broadleaves			Herbaceous	3115x0,014= 43,610	13,5	53,0	0,5	61,054	0,0	-800,244
<b>Total</b>				<b>3115,000</b>						<b>-81 678,086</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2010

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16			
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	3123x0,651=2033,073	13,5	76,8	0,5	2846,302	0,0	-61 500,458
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	3123x0,302 = 943,146	13,5	57,5	0,5	1320,404	0,0	-19 428,808
(c) Oak tree			Herbaceous	3123x0,033 = 103,059	13,5	19,(3)	0,5	144,283	0,0	-156,289
(d) Other broadleaves			Herbaceous	3123x0,014 = 43,722	13,5	53,0	0,5	61,211	0,0	-802,299
<b>Total</b>				<b>3123,000</b>						<b>-81 887,854</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2011

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16			
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonne dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
				$\Delta A_{TO\_OTHERS}$	$B_{AFTER}$	$B_{BEFORE}$	$CF$	$\Delta C_G$	$\Delta C_L$	$\Delta C_B$
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	2128x0,651=1385,328	13,5	76,8	0,5	1939,459	0,0	-41 906,172
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	2128x0,302= 642,656	13,5	57,5	0,5	899,718	0,0	-13 238,714
(c) Oak tree			Herbaceous	2128x0,033= 70,224	13,5	19,(3)	0,5	98,314	0,0	-106,495
(d) Other broadleaves			Herbaceous	2128x0,014= 29,792	13,5	53,0	0,5	41,709	0,0	-546,683
<b>Total</b>				<b>2128,000</b>						<b>-55 251,380</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo A1.30-2012

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use								
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in biomass								
Category code		3B3b								
Sheet		1 of 1								
Equation		Equation 2.2		Equation 2.16			Equation 2.15, 2.16			
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Annual area of Land Converted to Grassland	Biomass stocks after the conversion	Biomass stocks before the conversion	Carbon fraction of dry matter	Annual biomass carbon growth	Annual loss of biomass carbon	Annual change in carbon stocks in biomass
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha)	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	(tonnes dm ha <sup>-1</sup> )	[tonnes C (tonnes dm) <sup>-1</sup> ]	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
					0, or Table 6.4	(see section 6.3.1.2)	herbaceous vegetation); 0,5 or Table 4.3 (for woody vegetation)	National estimates	National estimates	$\Delta C_B = \Delta C_G + ((B_{AFTER} - B_{BEFORE}) * \Delta A_{TO\_OTHER}) * CF - \Delta C_L$
				<b><math>\Delta A_{TO\_OTHERS}</math></b>	<b>B<sub>AFTER</sub></b>	<b>B<sub>BEFORE</sub></b>	<b>CF</b>	<b><math>\Delta C_G</math></b>	<b><math>\Delta C_L</math></b>	<b><math>\Delta C_B</math></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Herbaceous	3397x0,651=2211,447	13,5	76,8	0,5	3096,026	0,0	-66 896,272
(b) Eucalyptus sp.			Herbaceous	3397x0,302=1025,894	13,5	57,5	0,5	1436,252	0,0	-21 133,416
(c) Oak tree			Herbaceous	3397x0,033= 112,101	13,5	19,(3)	0,5	156,941	0,0	-170,001
(d) Other broadleaves			Herbaceous	3397x0,014= 47,558	13,5	53,0	0,5	66,581	0,0	-872,689
<b>Total</b>				<b>3397,000</b>						<b>-89 072,379</b>

1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for herbaceous and wood vegetation.

Folha de cálculo – A1.31-2001

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup>
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	1305x0,651=849,555	2,96	0,41	20	-108,318
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	1305x0,302=394,110	1,85	0,41	20	-28,376
(c) Oak tree			Litter	1305x0,033 = 43,065	1,85	0,41	20	-3,101
(d) Other broadleaves			Litter	1305x0,014 = 18,270	1,85	0,41	20	-1,315
<b>Total</b>				<b>1305,000</b>				<b>-141,110</b>
<p>1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.                  2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.</p>								

Folha de cálculo – A1.31-2002

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup> )
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b><math>\Delta C_{DOM}</math></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	1457x0,651=948,507	2,96	0,41	20	-120,935
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	1457x0,302=440,014	1,85	0,41	20	-31,681
(c) Oak tree			Litter	1457x0,033= 48,081	1,85	0,41	20	-3,462
(d) Other broadleaves			Litter	1457x0,014= 20,398	1,85	0,41	20	-1,469
<b>Total</b>				<b>1457,000</b>				<b>-157,546</b>
1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.								
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.								

Folha de cálculo – A1.31-2003

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup> )
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b><math>\Delta C_{DOM}</math></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	1392x0,651=906,192	2,96	0,41	20	-115, 539
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	1392x0,302=420,384	1,85	0,41	20	-30,268
(c) Oak tree			Litter	1392x0,033= 45,936	1,85	0,41	20	-3,307
(d) Other broadleaves			Litter	1392x0,014= 19,488	1,85	0,41	20	-1,403
<b>Total</b>				<b>1392,000</b>				<b>-150,518</b>
1 If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.								
2 Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.								

Folha de cálculo – A1.31-2004

Equation		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup>
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	2447x0,651=1592,997	2,96	0,41	20	-203,107
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	2447x0,302= 738,994	1,85	0,41	20	-53,208
(c) Oak tree			Litter	2447x0,033= 80,751	1,85	0,41	20	-5,814
(d) ) Other broadleaves			Litter	2447x0,014= 34,258	1,85	0,41	20	-2,467
<b>Total</b>				<b>2447,000</b>				<b>-264,595</b>
<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use. <sup>2</sup> Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.								

Folha de cálculo – A1.31-2005

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup> )
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
		<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>		
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	2529x0,651=1646,379	2,96	0,41	20	-209,913
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	2529x0,302= 763,758	1,85	0,41	20	-54,991
(c) Oak tree			Litter	2529x0,033= 83,457	1,85	0,41	20	-6,009
(d) Other broadleaves			Litter	2529x0,014= 35,406	1,85	0,41	20	-2,549
<b>Total</b>				<b>2529,000</b>				<b>-273,462</b>
<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use. <sup>2</sup> Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.								

Folha de cálculo – A1.31-2006

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category (ha yr <sup>-1</sup> )	Dead wood/litter stock under the old land-use category (tonnes C ha <sup>-1</sup> )	Dead wood/litter stock under the new land-use category (tonnes C ha <sup>-1</sup> )	Time period of the transition from old to new land-use category (yr)	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter (tonnes C yr <sup>-1</sup> )
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>
(a) ) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	4330x0,651=2818,830	2,96	0,41	20	-359,401
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	4330x0,302=1307,660	1,85	0,41	20	-94,152
(c) Oak tree			Litter	4330x0,033= 142,890	1,85	0,41	20	-10,288
(d) Other broadleaves			Litter	4330x0,014= 60,620	1,85	0,41	20	-4,365
<b>Total</b>				<b>4330,000</b>				<b>-468,205</b>
<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use. <sup>2</sup> Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.								

Folha de cálculo – A1.31-2007

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup> )
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>
(a) ) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	3422x0,651=2227,722	2,96	0,41	20	-284,035
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	3422x0,302=1033,444	1,85	0,41	20	-74,408
(c) Oak tree			Litter	3422x0,033= 112,926	1,85	0,41	20	-8,131
(d) Other broadleaves			Litter	3422x0,014= 47,908	1,85	0,41	20	-3,449
<b>Total</b>				<b>3422,000</b>				<b>-370,023</b>
<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.								
<sup>2</sup> Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.								

## Folha de cálculo – A1.31-2008

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-us <sup>-1</sup> e category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup> )
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	2817x0,651=1833,867	2,96	0,41	20	-233,818
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	2817x0,302= 850,734	1,85	0,41	20	-61,253
(c) Oak tree			Litter	2817x0,033= 92,961	1,85	0,41	20	-6,693
(d) Other broadleaves			Litter	2817x0,014= 39,438	1,85	0,41	20	-2,840
<b>Total</b>				<b>2817,000</b>				<b>-304,604</b>
<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use. <sup>2</sup> Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.								

Folha de cálculo – A1.31-2009

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup>
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	3115x0,651=2027,865	2,96	0,41	20	-258,553
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	3115x0,302= 940,730	1,85	0,41	20	-67,733
(c) Oak tree			Litter	3115x0,033= 102,795	1,85	0,41	20	-7,401
(d) Other broadleaves			Litter	3115x0,014= 43,610	1,85	0,41	20	-3,140
<b>Total</b>				<b>3115,000</b>				<b>-336,827</b>
<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use. <sup>2</sup> Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.								

## Folha de cálculo – A1.31-2010

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup>
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	3123x0,651=2033,073	2,96	0,41	20	-259,217
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	3123x0,302= 943,146	1,85	0,41	20	-67,907
(c) Oak tree			Litter	3123x0,033= 103,059	1,85	0,41	20	-7,420
(d) Other broadleaves			Litter	3123x0,014= 43,722	1,85	0,41	20	-3,148
<b>Total</b>				<b>3123,000</b>				<b>-337,692</b>

<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.

<sup>2</sup> Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.

Folha de cálculo – A1.31-2011

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup> )
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>
(a) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	2128x0,651=1385,328	2,96	0,41	20	-176,629
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	2128x0,302= 642,656	1,85	0,41	20	-46,271
(c) Oak tree			Litter	2128x0,033= 70,224	1,85	0,41	20	-5,056
(d) Other broadleaves			Litter	2128x0,014= 29,792	1,85	0,41	20	-2,145
<b>Total</b>				<b>2128,000</b>				<b>-230,102</b>

<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
<sup>2</sup> Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.

Folha de cálculo – A1.31-2012

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use						
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in dead organic matter due to land conversion						
Category code		3B3b						
Sheet		1 of 1						
Equation		Equation 2.2		Equation 2.23				
Land-use category		Subcategories for reporting year	Type of vegetation <sup>2</sup>	Area undergoing conversion from old to new land-use category	Dead wood/litter stock under the old land-use category	Dead wood/litter stock under the new land-use category	Time period of the transition from old to new land-use category	Annual change in carbon stocks in dead wood/litter
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year			(ha yr <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	tonnes C yr <sup>-1</sup> )
				National statistics or international data sources	Table 2.2 for litter, or national statistics	default value is zero (0)	default value is 1	$\Delta C_{DOM} = A_{on} * (C_n - C_o) / T_{on}$
				<b>A<sub>on</sub></b>	<b>C<sub>o</sub></b>	<b>C<sub>n</sub></b>	<b>T<sub>on</sub></b>	<b>ΔC<sub>DOM</sub></b>
(a) ) <i>Pinus pinaster</i>	GL	---	Litter	3397x0,651=2211,447	2,96	0,41	20	-281,959
(b) <i>Eucalyptus sp.</i>			Litter	3397x0,302=1025,894	1,85	0,41	20	-73,864
(c) Oak tree			Litter	3397x0,033= 112,101	1,85	0,41	20	-8,071
(d) Other broadleaves			Litter	3397x0,014= 47,558	1,85	0,41	20	-3,424
<b>Total</b>				<b>3397,000</b>				<b>-367,319</b>

<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column. Otherwise use separate blocks by initial land use.  
<sup>2</sup> Within each subcategory (a), (b) etc., calculations are to be made separately for deadwood and litter.

## Folha de cálculo – A1.32

Sector		Agriculture, Forestry and Other Land Use									
Category		Land Converted to Grassland: Annual change in carbon stocks in mineral soils									
Category code		3B3b									
Sheet		1 of 2									
Equation		Equation 2.25, Formulation B in Box 2.1 of Section 2.3.3.1									
Land-use category		Subcategories of unique climate, soil, land-use change and management combinations									
Initial land use <sup>1</sup>	Land use during reporting year	Area for land-use change by climate and soil combination	Reference carbon stock for the climate and soil combination	Time dependence of stock change factors (D) or number of years over a single inventory time period (T)	Stock change factor for land-use system in the last year of an inventory time period	Stock change factor for management regime in last year of an inventory period	Stock change factor for C input in the last year of the inventory period	Stock change factor for land-use system at the beginning of inventory time period	Stock change factor for management regime at the beginning of the inventory time period	Stock change factor for C input at the beginning of the inventory time period	Annual change in carbon stocks in mineral soils
		(ha)	(tonnes C ha <sup>-1</sup> )	(yr)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(tonnes C yr <sup>-1</sup> )
			Table 2.3; Chap. 2, Sec. 2.3.3.1	(default is 20 yr; if T>D then use the value of T)	Table 6.2	Table 6.2	Table 6.2	Table 5.5 (Cropland); 1 for other uses	Table 5.5 (Cropland); 1 for other uses	Table 5.5 (Cropland); 1 for other uses	$\Delta C_{\text{Mineral}}$ as in Equation 2.25
		<b>A(0)</b>	<b>SOC<sub>ref</sub></b>	<b>D</b>	<b>F<sub>LU(0)</sub></b>	<b>F<sub>MG(0)</sub></b>	<b>F<sub>I(0)</sub></b>	<b>F<sub>LU(0-T)</sub></b>	<b>F<sub>MG(0-T)</sub></b>	<b>F<sub>I(0-T)</sub></b>	<b><math>\Delta C_{\text{Mineral}}</math></b>
FL	GL	(a)		20							
		(b)		20							
<b>Total</b>											

<sup>1</sup> If data by initial land use are not available, use only "non-GL" in this column.

---