



## SisILPF – Software para simulação do crescimento, produção, metano e manejo do componente florestal em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta

Edilson Batista de Oliveira<sup>1</sup>; Vanderley Porfírio-da-Silva<sup>2</sup>; Jorge Ribaski<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; edilson.oliveira@embrapa.br; <sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; <sup>3</sup>Engenheiro florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR.

**Resumo:** Os SisILPF são softwares que dão suporte às atividades de planejamento, manejo e análise econômica do componente florestal dos ILPF. Eles possibilitam que os usuários testem, para cada condição de clima e solo, todas as opções de manejo do componente arbóreo dos sistemas ILPF. Geram tabelas de sortimento de madeira por classes de utilização industrial como laminação, serraria e energia, em função de diâmetros e comprimentos de toras que o próprio usuário indica. Calculam o carbono capturado pelas árvores e o equivalente em CO<sub>2</sub> e metano, e emitem gráficos com estimativas do número de animais que podem ter a emissão de metano compensada pelas árvores do ILPF.

**Palavras-chave:** Sistemas agrossilvipastoris; Carbono; Manejo florestal.

### Introdução e objetivos

A Embrapa Florestas iniciou suas pesquisas com sistemas que integram árvores com culturas agrícolas e pecuária em 1980/81, por meio do projeto “*Otimização do uso do solo pela produção simultânea de produtos florestais e agropecuários*” (SCHREINER, 1994).

Em estudo sobre o crescimento, produção e captura de carbono em sistemas de ILPF, Oliveira et al. (2008), tendo por base dois experimentos com *Pinus elliottii* e dois com *Eucalyptus grandis*, instalados em Alegrete, RS, em áreas de pastagem natural, avaliaram que as tratamentos com fileiras triplas destas espécies, no espaçamento de 3,0 m x 1,5 m, tendo distância entre renques de 14 m e 34 m, apresentaram potencial para captura de carbono pela biomassa total das árvores (fuste, raízes, galhos e folhas) equivalente ao metano emitido por 3,59 a 4,00 vacas para o pinus e 4,05 a 4,55 para eucalipto, considerando valores potenciais para vacas holandesas preto e branco em lactação, em pastagens adubadas, conforme Primavesi et al. (2004). Para novilhas de Mestiça Leiteira Brasileira em pastagens não adubadas, a compensação foi 7,36 a 8,19 novilhas para o pinus e 8,33 a 9,30 para eucalipto.

Atualmente, os trabalhos com ILPF na Embrapa envolvem mais de vinte Unidades de Pesquisa em todos os biomas do País. Em 2012, foi criada a Rede de Fomento ILPF, uma parceria público-privada, composta pela Embrapa, Cocamar, Dow AgroSciences, John

Deere, Parker e Syngenta. A parceria resultou na instalação de 107 Unidades de Referência Tecnológica (URTs), destinadas à geração de informações técnico-científicas, treinamentos, dias de campo, visitas técnicas etc.

A Rede ILPF ([www.embrapa.br/web/rede-ilpf/](http://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/)) destaca entre os principais benefícios da ILPF:

- Otimização e intensificação da ciclagem de nutrientes no solo.
- Melhoramento da qualidade e conservação das características produtivas do solo.
- Manutenção da biodiversidade e sustentabilidade da agropecuária.
- Melhoria do bem-estar animal em decorrência do conforto térmico e melhor ambiência.
- Diversificação da produção.
- Aumento da produção de grãos, fibras, carne, leite e produtos madeireiros e não madeireiros.
- Maior eficiência de utilização de recursos naturais.
- Redução na pressão pela abertura de novas áreas com vegetação nativa.
- Redução da sazonalidade do uso da mão de obra.
- Geração de empregos diretos e indiretos.
- Flexibilidade, que permite ser adaptado para diferentes realidades produtivas.

No que se refere à produção madeireira, o sistema de ILPF deve priorizar a obtenção de toras, para usos



mais nobres como: madeira serrada, laminação, componentes para móveis, produtos de maior valor agregado (portas, portais, janelas e móveis), postes, entre outros. No entanto, desbastes devem ser realizados durante o ciclo de condução do sistema, que gerarão madeira para usos mais comuns, como lenha, carvão, madeira para construções (escoras, postes de menor tamanho, mourões), madeira para a produção de aglomerados, chapas de fibra e celulose. (ALVES et al., 2015).

Os softwares geram tabelas e gráficos de prognose do crescimento e da produção das árvores nos ILPF, em função de dados do inventário do plantio. Eles indicam quanto de madeira será produzida, em qualquer idade, e possibilitam simular desbastes e testar qualquer regime de manejo que se deseja aplicar. Calculam o carbono armazenado pelas árvores e geram tabelas de sortimento de madeira por classes de utilização industrial como laminação, serraria e energia, em função de diâmetros e comprimentos de toras que o próprio usuário indica.

Os sistemas auxiliam as tomadas de decisões sobre quando, o quanto e como desbastar, e quando fazer o corte final. Assim, eles indicam o crescimento e produção da floresta, a produção por classes de diâmetro e o volume de madeira por tipo de utilização industrial

Os SisILPF foram construídos utilizando a linguagem de programação Delphi. Estão concluídos para as principais espécies de pínus e eucalipto. Versões do sistema para cedro-australiano (*Toona ciliata*), mogno-africano (*Khaya ivorensis*) e teca (*Tectona grandis*) estão em fase de validação.

Os softwares estão disponibilizados no site da Embrapa Florestas ([www.embrapa.br/florestas](http://www.embrapa.br/florestas)).

No presente trabalho, são apresentados detalhes dos softwares SisILPF, desenvolvidos para dar suporte às atividades de planejamento, manejo e análise econômica do componente florestal de sistemas de ILPF.

## Material e métodos

Para descrição dos SisILPF será utilizada a versão para *Pinus taeda*. Como exemplo de aplicação (Exemplo 1), será considerado um sistema de ILPF com renques de três linhas de árvores. O espaçamento será de três metros entre linhas e dois metros entre árvores. A distância entre renques será de 24 m. O arranjo proposto resulta em 500 árvores plantadas por hectare. Será considerado um desbaste seletivo de 50% das menores árvores aos 10 anos de idade e colheita final aos 21 anos.

O SisILPF possui três opções de entrada de dados. No Exemplo 1 será utilizada a opção em que se informa apenas o arranjo de plantio, o número de árvores por hectare e o índice de sítio, no caso considerado de

23 m, dado pela altura dominante aos 15 anos. Esta alternativa utiliza o potencial produtivo da área. As outras duas opções de entrada de dados utilizam informações de parcelas de inventário em qualquer idade de plantio, o que possibilita resultados com maior precisão.

Para o sortimento da produção madeireira, as toras terão 2,5 m de comprimento com as seguintes classes de diâmetro: “Toras >18 cm”, “Toras 8 cm a 18 cm” e “< 8 cm”.

## Resultados e discussão

A tela de abertura do SisILPF (Figura 1) apresenta o menu principal, contendo os botões e itens que dão acesso às operações do software. Nesta tela o usuário deve informar o índice de sítio. Este índice, dado pela altura dominante que a plantação florestal terá na idade índice (no caso presente, aos 15 anos), possibilita que o software trabalhe com o potencial produtivo do componente florestal no local avaliado.

O software solicita as seguintes informações sobre o ILPF: o número de linhas de árvores por renque, o espaçamento entre linhas no renque e a distância entre renques. Em seguida o usuário deverá informar o número de árvores por hectare no plantio ou na idade de um inventário, para sistemas já implantados. Neste caso, deve-se informar a área basal ou o diâmetro quadrático médio das árvores. Estas informações são mais detalhadas, o que resulta em prognoses com maior precisão e acurácia. Deve ser informado o “Nível de homogeneidade do plantio” (1 a 10), que pode ser baseado em medidas estatísticas (ex: variância e coeficiente de variação) ou alguma medida empírica, como notas de 1 a 10. (Figura 2).

A aplicação de desbastes (Figura 3) oferece três opções:

1. Desbaste Seletivo: colheita das menores árvores.
2. Desbaste Sistemático: colheita que não leva em consideração o tamanho das árvores. Pode ser ao acaso ou sistematizada, por exemplo, de uma árvore a cada três na linha.
3. Desbaste Sistemático seguido de Seletivo.

A indicação da Intensidade do desbaste pode ser pela Área Basal ou Número de Árvores por Hectare. Nos dois casos, indica-se o que deverá ficar remanescente após o desbaste e não o que será desbastado.

A coluna de cor branca na Figura 4 mostra o item “Equações”, subdividido em três subitens (Sítio, Volume e Sortimento). Estes subitens possuem equações básicas, que podem ser substituídas e salvas pelo usuário.

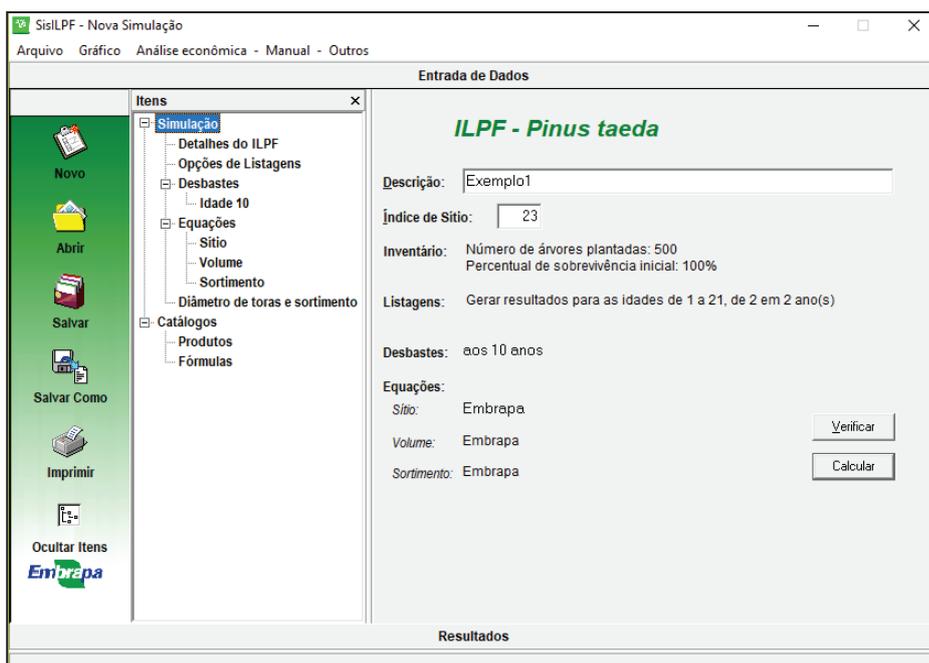


Figura 1. Tela inicial do SisILPF.

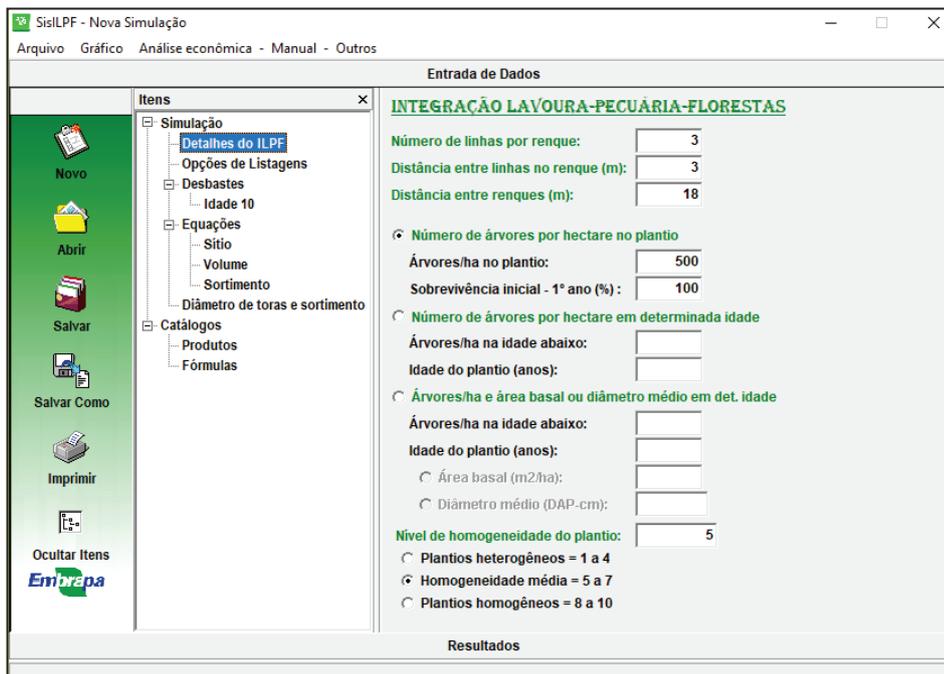


Figura 2. Tela com detalhes do sistema de ILPF do Exemplo 1.

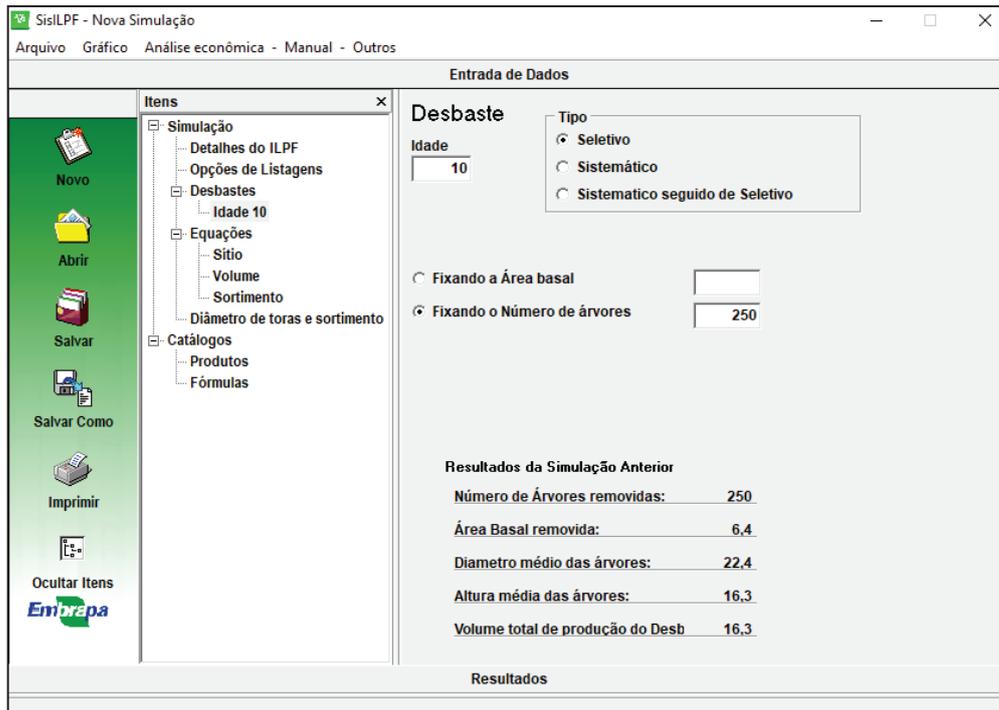


Figura 3. Tela com informações sobre desbaste (Exemplo 1).

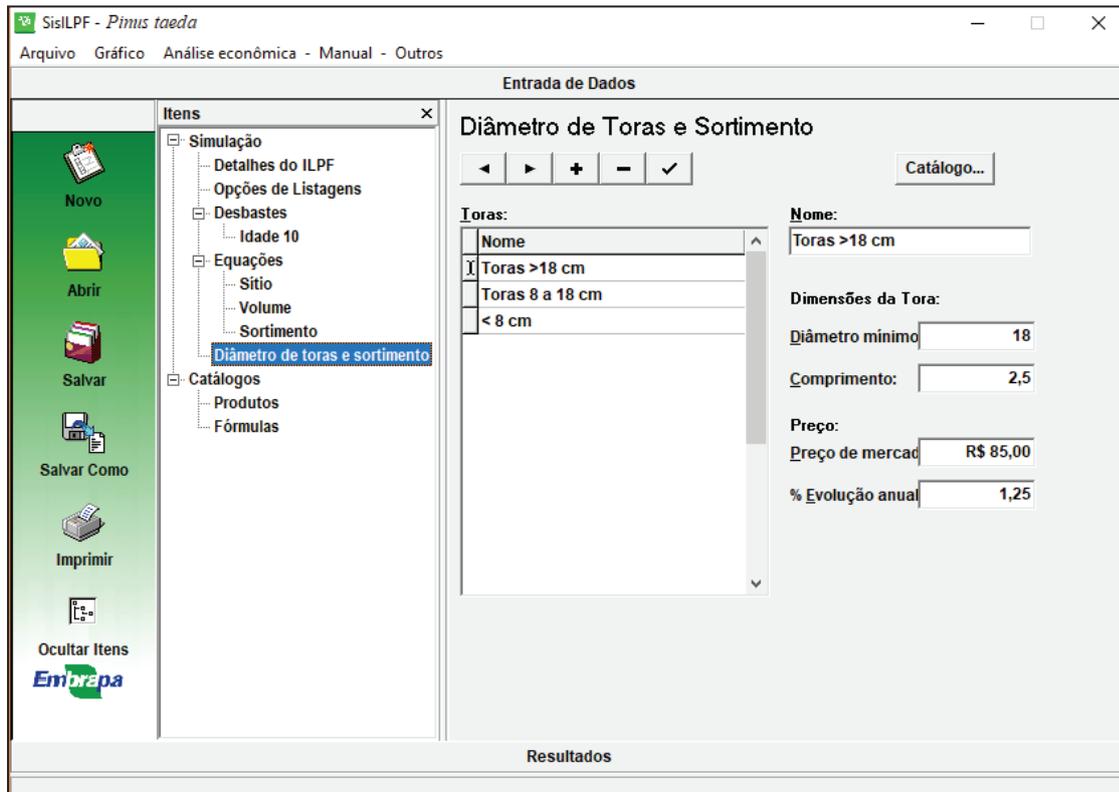


Figura 4. Tela com equação de volume (Exemplo 1).



Ainda na Figura 4 observa-se o item “Diâmetro de toras e sortimento”, pelo qual são informados os tipos de produto e respectivas dimensões das toras (ex: Serraria com diâmetro mínimo maior que 18 cm). Nos “Catálogos”, as opções “Produtos” e “Fórmulas” permitem armazenar alternativas para estes itens, que podem ser utilizados nas simulações em função de opções do usuário.

Os resultados descrevem a estrutura do componente florestal (Figura 7). Todos os valores apresentados para um hectare do Exemplo 1. Área basal refere-se à soma das áreas transversais de todas as árvores, considerando-se os DAP’s para os cálculos.

O CO<sub>2</sub> e metano se constituem no equivalente armazenado pelo fuste e demais componentes das árvores, como raízes, galhos e folhas, sendo que o CO<sub>2</sub>

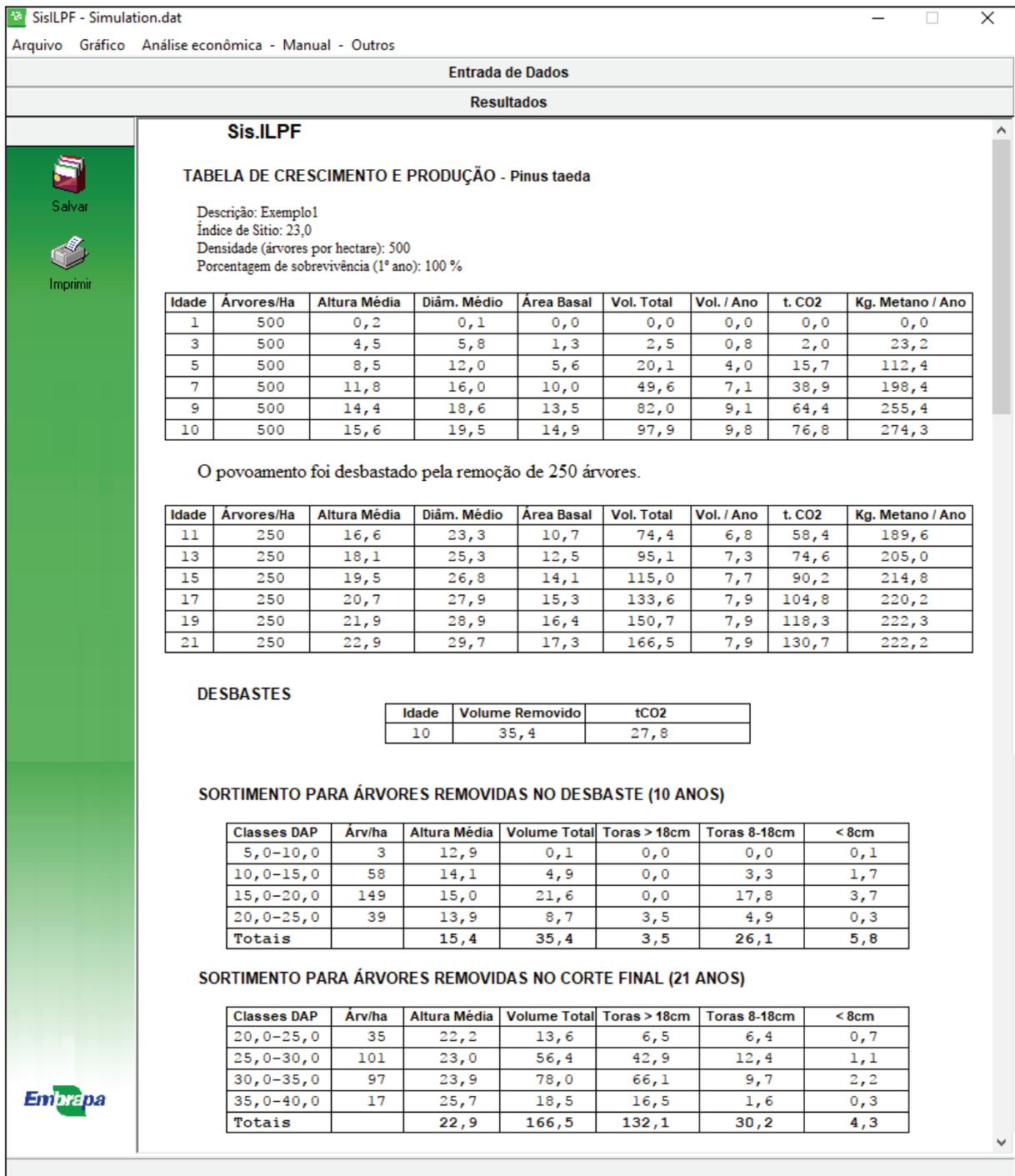


Figura 5. Tela com resultados do Exemplo 1.

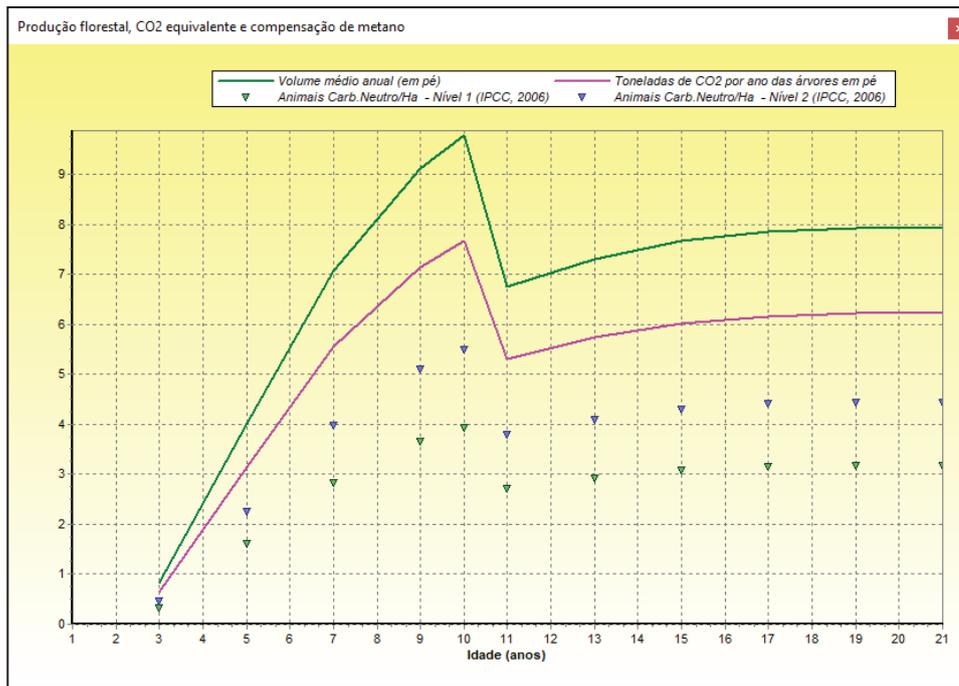


Figura 6. Gráfico com resultados do Exemplo 1: volume, carbono e animais com emissão compensada.

se trata do total equivalente das árvores existentes no sistema e o metano à média anual destas árvores.

O SisILPF possibilita a realização de vários desbastes, gerando uma tabela de sortimento correspondente a cada um deles.

A Figura 5 mostra, também, o sortimento das árvores removidas no desbaste e no corte final.

O SisILPF possibilita a realização de vários desbastes, gerando uma tabela de sortimento correspondente a cada um deles.

A parte superior das telas dá acesso ao software Planin (análise econômica), ao manual do software e à vídeos e publicações relacionadas ao manejo florestal e ILPF.

Clicando no item “Gráfico” o software apresentará a Figura 6, mostrando a evolução do volume de madeira e CO2 do Exemplo 1. O gráfico mostra ainda o número de animais que as árvores podem compensar a emissão de metano no ILPF.

Conforme Alves et al. (2017), duas metodologias são utilizadas no cálculo destes valores, Nível 1 e Nível 2 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006). O valor de referência para emissões de metano entérico (Nível 1) é fixado para a América Latina em 56 kg CH<sub>4</sub>/animal/ano. O Nível 2 para gado consumindo forragem com diferentes digestibilidades (55% a 65%), indicam um fator de emissão de metano em torno de 70 kg CH<sub>4</sub>/animal/ano. Equação desenvolvida no âmbito da Rede PECUS da Embrapa por Medeiros et al. (2014) é mais recomendável por possibilitar maior confiabilidade com a realidade local. Com

sua aplicação, alguns estudos têm mostrado valores médios de 66 kgCH<sub>4</sub>/animal/ano, ou seja, intermediários aos dos níveis 1 e 2 do IPCC. Entretanto, esta equação ainda não está inserida no gráfico.

## Conclusões

Os softwares SisILPF visam dar suporte às atividades de manejo, análise econômica e planejamento do componente florestal em sistemas ILPF.

Os usuários podem testar pelos softwares, para cada condição de clima e solo, todas as opções de manejo do componente arbóreo da ILPF, fazer prognoses de produções presente e futura, efetuar análises econômicas e, decidir sobre a melhor alternativa para conduzir sua plantação.

Com a quantificação da madeira produzida por tipo de utilização industrial, o produtor poderá manejar suas florestas para a produção de madeira direcionada ao uso mais rentável

## Referências

ALVES, F.V.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A., PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MACEDO, M. C. M.; MEDEIROS, S. R.; FERREIRA, A. D.; GOMES, R. C.; ARAÚJO, A. R.; MONTAGNER, D. B.; BUNGENSTAB, D.; FEIJÓ, D. **Carbon neutral brazilian beef: a new concept for sustainable beef production in the tropics**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 243).



ALVES, F. V.; NICODEMO, M. L. F.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. Bem-estar animal em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). **Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 273-289. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC: guidelines for national greenhouse gas inventories**. Japan: IGES, 2006. v. 4.

MEDEIROS, S. R.; BARIONI, L. G.; BERNDT, A.; FREUA, M. C.; ALBERTINI, T. Z.; COSTA JUNIOR, C.; FELTRIN, G. Modeling enteric methane emission from beef cattle in Brazil: a proposed equation performed by principal component analysis and mixed modeling multiple regression. In: LIVESTOCK, CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY CONFERENCE, 2014, Madri. **Proceedings...** Madri: Livestock, Climate Change and Food Security, 2014. p. 37.

OLIVEIRA, E. B.; RIBASKI, J.; ZANETTI, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F. Produção, carbono e rentabilidade econômica de *Pinus elliottii* e *Eucalyptus grandis* em sistemas silvipastoris no Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 10, p. 45-56, 2008.

OLIVEIRA, E. B. **Softwares para manejo e análise econômica de plantações florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. (Embrapa Floresta. Documentos, 216).

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R. T. S.; PEDREIRA, M. dos S.; LIMA, M. A. de; BERCHIELLI, T. T.; BARBOSA, P. F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 277- 283, 2004.

SCHREINER, H.G. Pesquisa em agrossilvicultura no sul do Brasil; resultados, perspectivas e problemas. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1., 1994, Porto Velho. **Anais**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. v. 2, p. 387-398.