



# Potencial de produção de energia e exportação de nutrientes pela biomassa residual da soja

*Volnei Pauletti<sup>1</sup>, Vanessa Coan Bittencourt<sup>2</sup>, Carla Sampaio Guimarães<sup>3</sup>, Marília Camotti Bastos<sup>4</sup>, Rudimar Molin<sup>5</sup>, Gabriel Barth<sup>5</sup>, Dimas Agostinho da Silva<sup>6</sup>*

Submissão: 04/06/2024

Aceito: 05/01/2024

<sup>1</sup>Professor, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Paraná, Brasil. ORCID: 0000-0002-9231-7851

<sup>2</sup>Mestranda, Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal do Paraná, Brasil.

<sup>3</sup>Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Brasil.

<sup>4</sup>Professora, Universidade de Limoges, França

<sup>5</sup>Pesquisador, Fundação ABC, Paraná, Brasil ORCID Rudimar Molin: 0000-0001-8102-9160; ORCID Gabriel Barth: 0000-0002-8669-0588

<sup>6</sup>Professor, Departamento de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal do Paraná, Brasil. ORCID: 0000-0002-5433-1927

Email para correspondência: [vpauletti@ufpr.br](mailto:vpauletti@ufpr.br)

**Resumo:** O Brasil se destaca internacionalmente devido a sua grande produção agrícola. Entre os principais cultivos encontra-se a soja (*Glycine Max*), que no ano de 2022/23 foi responsável pela área colhida de 44.079,8 mil hectares. Devido a sua produção em larga escala no país e internacionalmente, ocorre a geração de expressiva quantidade de biomassa residual da produção de grãos que permanece no campo, e que oferece alto potencial como fonte de energia. O objetivo deste trabalho foi determinar o potencial de uso da biomassa residual de cultivos de soja para produção de energia elétrica bem como a quantidade de nutrientes nesta biomassa. Dentro destas perspectivas implantou-se dois experimentos nas estações experimentais da Fundação ABC nos municípios de Arapoti e Ponta Grossa, estado do Paraná, sul do Brasil. Foram avaliados 10 cultivares de soja (BRS 232, BRS 284, CD 206, NA 5909RG, NK 3363, Roos AvanceRR, TMG 7262RR e V TopRR) em cada experimento. Foram determinadas a produtividade de grãos e de biomassa residual na maturação fisiológica. A determinação do poder calorífico superior (PCS) da biomassa residual foi realizada utilizando-se uma bomba calorimétrica adiabática e a determinação de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foi realizada por digestão seca com incineração em forno tipo mufla. Multiplicando-se a biomassa produzida pelo PCS e teor de nutrientes, determinou-se o potencial de geração de energia e de exportação de nutrientes. A biomassa residual da soja das cultivares estudadas possui elevado potencial de geração de energia que pode variar entre cultivares dependendo do local de cultivo. A quantidade de nutrientes na biomassa e consequentemente necessidade de reposição com sua colheita para a produção de energia se encontra na ordem decrescente de  $K < Ca < Mg < P < Fe < Mn < Cu < Zn$ .

**Palavras-chave:** Energia de biomassa, *Glycine max*, produtividade da soja, fontes alternativas de energia, extração de nutrientes

## 1. Introdução

O Brasil se destaca no cenário mundial devido a sua grande produção agrícola. Dentre seus principais cultivos encontra-se a soja (*Glycine Max.*), uma planta da família Fabaceae que no ano de 2022/23 foi responsável pela área colhida de 44.079,8 mil hectares (CONAB, 2024). Devido a sua produção em larga escala no país, a soja gera expressiva quantidade de biomassa que representa entre 120% a 150% do peso de grãos (BOSE et al., 1984). Esta é a principal oleaginosa cultivada no planeta, abrangendo uma área de 136,84 milhões de hectares (USDA, 2024).

Com o aumento da preocupação em mitigar as mudanças climáticas e reduzir a poluição atmosférica, há uma crescente busca por fontes de energia mais limpas e sustentáveis. A biomassa se apresenta como uma alternativa viável por atender à demanda energética enquanto minimiza os impactos ambientais ao reduzir a emissão de óxidos de enxofre e nitrogênio advindos da queima de combustíveis fósseis (LORA & ANDRADE, 2009), além de reduzir a emissão de dióxido de carbono causador do efeito estufa (ZHANG & LONG, 2010).

Assim, a expansão do aproveitamento de biomassa no setor elétrico contribui para a diversificação da matriz e reduz a dependência de fontes não renováveis. De acordo com dados do Plano Nacional de Energia 2050 (EPE, 2020) a biomassa desempenha um papel estratégico na matriz energética com uma participação na geração elétrica de 8,5%. O mesmo documento considera as termelétricas de biomassa importantes no sistema, uma vez que complementam as usinas hidrelétricas, especialmente quando a oferta de energia hidráulica é sazonal ou em períodos de seca prolongada. A utilização de resíduos agrícolas, como a palha da soja, pode ampliar o fator de capacidade das usinas termelétricas a biomassa, tornando-as uma fonte mais confiável e estável de energia. A biomassa residual gerada na colheita e processamento agropecuário oferece alto potencial como fonte de energia, essencial para o desenvolvimento social, econômico e ambiental do mundo (ZHANG & LONG., 2010), sem competir por área com a produção de alimentos. Outras vantagens do uso da biomassa em relação às demais fontes de energia, são a sua capacidade de armazenamento para utilização futura, a variedade de processos que permitem sua transformação em combustíveis de alta energia, fácil transporte e manuseio, além de favorecer a criação de empregos, redução da migração da população para as regiões urbanas e o desenvolvimento econômico e rural (COSIC et al., 2011).

Para expressar o potencial de um resíduo para fins energéticos, é necessária a análise do poder calorífico, definida como a quantidade de calor liberadas na combustão completa de uma unidade de massa do material combustível. Os valores caloríficos podem variar entre diferentes espécies agrofloreais e entre partes da mesma planta, devido a diferenças nos teores de carbono, umidade, cinzas e às condições ambientais (GRAVALOS et al., 2016). No caso da soja, seu potencial de geração de energia foi avaliado por Perlack, et al. (2005) e mais recentemente por Brandić et al. (2023) em condições de clima temperado, os quais consideram que o desenvolvimento de variedades de soja com alta biomassa pode contribuir para a produção de bioenergia. No



Brasil, os estudos revisionais como os de De Pretto et al (2018) sugerem o elevado potencial energético da biomassa de soja, porém sem explicitar diferenças existentes entre cultivares e diferenças climáticas regionais.

A retirada da biomassa residual das áreas de produção de grãos para geração de energia implica em remoção e exportação de nutrientes da área de cultivo. A soja acumula em sua biomassa residual aproximadamente 1,6, 15,9, 7,2, 4,5, kg t<sup>-1</sup> de grão de P, K, Ca e Mg, além de, 8,5, 200,9, 13,0 e 17,8 de g t<sup>-1</sup> de grão de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente (Pauletti e Motta, 2019). Se esta quantidade for retirada do local de cultivo com a colheita, deve ser repostada para evitar a diminuição da fertilidade e do potencial produtivo do solo. Mesmo entre cultivares, podem ocorrer diferenças no total absorvido e na partição de nutrientes entre grãos e demais tecidos da planta.

Considerando o exposto, este trabalho teve por objetivo determinar a variação da biomassa residual da colheita de cultivares de soja quanto ao potencial de geração de energia e quantidade de nutrientes acumulada.

## 2. Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos em áreas experimentais da Fundação ABC localizadas nos municípios de Arapoti e Ponta Grossa, no estado do Paraná, durante a safra de verão 2011/12. Os locais possuem clima distinto, sendo Cfa em Arapoti e Cfb em Ponta Grossa. Durante o ciclo da soja, a distribuição das chuvas e da temperatura média é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1** – Precipitação e temperatura média nos meses de condução dos experimentos.

Ano/Mês	2011			2012			
	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
Precipitação pluviométrica (mm)							
Arapoti	246,2	109,4	148,8	202,8	99,2	69,6	126,6
Ponta Grossa	139,0	117,8	183,8	114,4	131,2	109,0	269,0
Temperatura média (°C)							
Arapoti	18,9	19,2	20,7	20,1	22,2	21,0	19,4
Ponta Grossa	17,5	17,9	19,3	19,6	21,4	19,5	17,7

As áreas estavam sob plantio direto a mais de 20 anos, com as características químicas e texturais antes da instalação dos experimentos conforme apresentado na Tabela 2. A semeadura da soja foi realizada nos dias 18/10/2011 e 19/10/2011 em Ponta Grossa e Arapoti, respectivamente. Nos dois locais a adubação foi feita no sulco de semeadura, um dia antes da semeadura com 400 kg ha<sup>-1</sup> do formulado 00:20:20, complementada com a aplicação no mesmo dia de 50 kg ha<sup>-1</sup> de KCl em superfície e a lanço. A semeadura foi realizada manualmente, na mesma linha de adubação, com 14 sementes por metro lineal, buscando uma população final de 350 mil plantas ha<sup>-1</sup>. A espécie antecessora em Ponta Grossa foi o trigo, colhido para grãos e em Arapoti a aveia preta utilizada como cobertura verde.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições, sendo os tratamentos constituídos de 10 cultivares em cada local. As parcelas foram constituídas de sete linhas de oito metros de comprimento, sendo que cada linha foi espaçada em 0,4m. As cultivares utilizadas nos dois locais foram BMX ApoloRR, NA 5909RG, V TopRR, Roos AvanceRR, BRS 284, NK 3363, TMG 7262RR (inox®), BMX PotênciaRR, CD 206 e BRS 232.

A colheita foi realizada na maturação fisiológica dos grãos, colhendo-se cinco metros das quatro linhas centrais. Os grãos colhidos foram pesados e se determinou a umidade para posterior correção para 13% com extrapolação para produtividade por hectare. Para determinação da biomassa residual, foram fixados sacos do tipo big-bag no saca palhas da colhedora de parcelas, no momento da colheita. As amostras foram pesadas e sub-amostradas para determinação de umidade pela secagem em estufa a 60°C até peso constante. A produtividade de biomassa seca residual foi obtida considerando-se o total de biomassa fresca produzida por parcela, descontando-se a umidade e posterior extrapolação para hectare.

A sub-amostra utilizada para determinação da umidade, depois de seca, foi moída em moinho de facas do tipo Willey para posterior realização das análises químicas e determinação do poder calorífico superior (PCS).

As análises químicas foram realizadas no laboratório de Biogeoquímica do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR. Foi pesado um g do material moído com desvio padrão de ± 0,003 g em cadinhos de porcelana. Estes foram levados à mufla para incineração a 500°C por três horas com posterior requeima por mais três horas, adicionado de três gotas de HCl 3 N. Após a digestão adicionou-se 10ml de HCl 3 N e para a solubilização total dos elementos os cadinhos foram aquecidos em chapa quente por 10 minutos. Após, foi realizada a filtragem com papel filtro quantitativo faixa azul em balão volumétrico de 100ml. O P foi determinado por colorimetria, com vanadato-molibdato de amônio, com leitura em espectrofotômetro UV/VIS (SILVA, 1999). A determinação de K foi realizada por fotometria de emissão por chama e os elementos Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica (MARTINS & REISSMANN, et al., 2007).

O PCS foi determinado através de bomba calorimétrica adiabática modelo IKAWERKE C5000, de acordo com a norma NBR 8633 (ABNT, 1984), no Laboratório de Energia de Biomassa Florestal e Bioenergia no departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR. As amostras secas e moidas foram novamente secas em estufa a 100°C, colocadas em dissecador para resfriamento e pesado com aproximadamente 0,500g para posterior queima no equipamento para determinação do potencial

<https://doi.org/10.5380/rsa.v20i2.95114>



energético em cal g<sup>-1</sup>. Para converter os valores de PCS (cal g<sup>-1</sup>) para quilowatt-hora (kw h<sup>-1</sup>) foi utilizada a fórmula  $KWh = ((PCS/860) \times 0,2) \times MS$ , sendo que o valor 860 representa a quantidade de Kcal em 1 KWh (BEN, 2011), 0,2 a eficiência média das caldeiras de 20% (NOGUEIRA et al., 2003) e MS, a quantidade de biomassa seca produzida em um hectare.

Os resultados foram submetidos à análise de normalidade pelo teste de Bartlett e posteriormente à análise de variância e em caso de significância ao teste de Tukey para comparação de médias a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa R Development, pacote versão 4.2.3 (R Core Team, 2023).

### 3. Resultados e Discussão

Para os valores de PCS encontrados nas 10 cultivares estudadas (Tabela 1) houve diferença para a região de Arapoti, sendo a média obtida de 4351,8 cal g<sup>-1</sup> com maior potencial foi observado na cultivar BMX PotênciaRR (4468 cal g<sup>-1</sup>) em relação às cultivares BRS 284 (4305 cal g<sup>-1</sup>) e NK 3363 (4253 cal g<sup>-1</sup>). Em Ponta Grossa não houve diferença entre as cultivares no PCS, que variou de 4329 cal g<sup>-1</sup> a 4508 cal g<sup>-1</sup>. Estes valores encontrados para o potencial da soja são semelhantes aos citados por RAMOS E PAULA et al. (2011), maiores que os encontrados para a palha do milho por QUIRINO et al. (2005), bem como, superiores aos da biomassa gerada a partir pellets de resíduos de cascas de sementes de girassol e resíduos de videiras (MARIAN et al, 2022). A soja, portanto, tem potencial para geração de energia semelhante a de espécies cultivadas para esse fim, como o *Eucaliptus spp* cujo PCS varia de 4.217 a 5.023 cal g<sup>-1</sup> (QUIRINO et al., 2005).

A produção de biomassa residual foi maior em Arapoti e variou entre as cultivares nas duas regiões estudadas (Tabela 1). A cultivar BMX PotênciaRR foi 66% mais produtiva que a NA 5909RG em Arapoti, enquanto em Ponta Grossa a TMG 7262RR(inox®) foi 50% mais produtiva que a BRS 284, que produziu a menor quantidade de biomassa residual.

Quando o PCS é convertido em KWh, medida de energia de consumo (Tabela 2), os potenciais energéticos úteis gerados pelas cultivares variaram de 3734 a 5797 kwh ha<sup>-1</sup> e de 1982 a 4082 kwh ha<sup>-1</sup>, em Arapoti e Ponta Grossa, respectivamente.

A produção de grãos nas duas regiões não variou entre as cultivares, tendo uma produtividade média de 4946 kg ha<sup>-1</sup> em Ponta Grossa e 4889 kg ha<sup>-1</sup> em Arapoti.

Utilizando a média obtida pelas cultivares (Tabela 2) e considerando casas populares, que consomem segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2023) em média 162,28 KWh mês<sup>-1</sup>, as regiões de Arapoti e Ponta Grossa, respectivamente, conseguiriam abastecer com o resíduo de soja gerado por hectare, 29 e 20 casas populares por mês. De acordo com o SEAB (2022), com a área cultivada com soja de 33300 ha em Arapoti e 70100 ha em Ponta Grossa, o potencial médio de gerar energia seria de 156,25 e 223,71 GWh, abastecendo 80734 e 115993 residências ano<sup>-1</sup>.

No entanto, a viabilidade econômica do uso da biomassa residual para a produção de energia elétrica deve levar em conta a receita obtida com a energia, bem como, os custos de implantação de termoeletricas, colheita e armazenagem da biomassa e a exportação de nutrientes da área de cultivo. Além disso, deve-se considerar a sazonalidade de produção de biomassa.

Este potencial de geração de energia a partir de biomassa atende especialmente a busca de novas fontes energéticas, que reduzam os impactos ambientais gerados pelas fontes de energia não renováveis, além de utilizar resíduos como base na produção, que permite às áreas agrícolas ter dupla aptidão tanto para produção de grãos como geração de biomassa para fins energéticos. Outro aspecto relevante das usinas de biomassa é sua capacidade de produção estar atrelada a áreas agrícolas consolidadas. Isso contrasta com outras fontes renováveis, como as usinas hidrelétricas, que muitas vezes enfrentam desafios no processo de licenciamento, como interferências em áreas protegidas e/ou ocupação antrópica.

Os teores de nutrientes na biomassa residual somente variaram para K e Mg em Arapoti (Tabelas 3 e 4). Considerando a biomassa produzida (Tabela 1) e os teores de nutrientes na biomassa (Tabela 3 e 4), a quantidade média de nutrientes na biomassa residual das cultivares estudadas, em ordem decrescente foi K, Ca, Mg, P (Tabela 5), Fe, Mn, Cu e Zn (Tabela 6). Estas quantidades devem ser repostas ao ambiente de cultivo caso a biomassa seja colhida e retirada da área para produção de energia.

### 4. Conclusão

A biomassa residual da soja possui potencial para uso na geração de energia, tanto de forma direta, devido ao seu poder calorífico, quanto em combinação com outras biomassas. Esse potencial varia entre cultivares mesmo mantendo a produtividade de grãos, portanto sendo recomendado que os produtores optem por aquelas com maior potencial de geração de energia. A extração de nutrientes e consequente necessidade de reposição com a colheita da biomassa residual da soja para produção de energia se encontra na ordem de importância de K<Ca<Mg<P<Fe<Mn<Cu<Zn.

**Tabela 2** – Valores médios do poder calorífico superior (PCS), biomassa residual (BR) e produtividade de grãos (PROD) de 10 cultivares de soja colhidas na região de Arapoti e Ponta Grossa na safra de 2011/2012.

Cultivar	Arapoti			Ponta Grossa		
	PCS	BR	PROD	PCS	BR	PROD
	Kcal Kg <sup>-1</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>		Kcal Kg <sup>-1</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	
BMX ApoloRR	4364 ab*	4088 ab	4696 a	4366 a	2417 bc	4720 a
BMX PotênciaRR	4468 a	5579 a	4902 a	4508 a	3675 ab	5526 a
BRS 232	4390 ab	5074 ab	5349 a	4464 a	2787 abc	5098 a
BRS 284	4305 a	4401 ab	5001 a	4335 a	1966 c	5185 a



CD 206	4379 ab	4888 ab	4181 a	4381 a	2698 abc	4361 a
NA 5909RG	4355 ab	3687 b	4820 a	4422 a	3522 ab	4516 a
NK 3363	4253 b	4403 ab	5046 a	4329 a	3364 ab	5230 a
Roos AvanceRR	4318 ab	5225 ab	5216 a	4418 a	3475 ab	4956 a
TMG 7262RR (inox®)	4347 ab	4423 ab	5030 a	4481 a	3918 a	5009 a
V TopRR	4339 ab	4568 ab	5222 a	4397 a	3208 abc	4281 a

\*valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si - Tukey 5% de probabilidade.

**Tabela 3** – Potencial energético (KWh ha<sup>-1</sup>) de 10 cultivares de soja e número de casas que podem ser abastecidas com este potencial, considerando um consumo médio de 162,28 kwh mês<sup>-1</sup>.

Cultivar	Arapoti		Ponta Grossa	
	KWh ha <sup>-1</sup>	Casas mês <sup>-1</sup>	KWh ha <sup>-1</sup>	Casas mês <sup>-1</sup>
BMX ApoloRR	4.148	26	2.454	15
BMX PotênciaRR	5.797	36	3.852	24
BRS 232	5.180	32	2.893	18
BRS 284	4.406	27	1.982	12
CD 206	4.977	31	2.748	17
NA 5909RG	3.734	23	3.621	22
NK 3363	4.354	27	3.386	21
Roos AvanceRR	5.246	33	3.570	22
TMG 7262RR (inox®)	4.471	28	4.082	25
V TopRR	4.609	29	3.280	20

**Tabela 4** – Teor médio de P, K, Ca e Mg (g kg<sup>-1</sup>) de 10 cultivares de soja cultivadas na região de Arapoti e Ponta Grossa safra 2011/2012.

Cultivar	Arapoti				Ponta Grossa			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
BMX ApoloRR	0,36 a*	12,66 ab	4,23 a*	2,87 ab	0,57 a*	13,40 a*	2,02 a*	2,19 a*
BMX PotênciaRR	0,79 a	11,98 ab	3,24 a	2,70 ab	0,62 a	12,86 a	1,91 a	2,60 a
BRS 232	0,65 a	8,66 b	4,39 a	3,03 ab	0,57 a	14,03 a	2,11 a	2,19 a
BRS 284	0,63 a	13,30 ab	4,00 a	2,65 a	0,54 a	14,30 a	2,27 a	2,59 a
CD 206	0,81 a	12,38 ab	3,71 a	2,78 ab	0,67 a	14,14 a	2,15 a	2,45 a
NA 5909RG	0,64 a	15,80 a	3,90 a	3,25 ab	0,53 a	12,70 a	1,09 a	2,11 a
NK 3363	0,75 a	14,41 ab	4,39 a	3,70 ab	0,66 a	15,38 a	3,70 a	3,59 a
Roos AvanceRR	0,55 a	12,79 ab	4,23 a	3,88 a	0,44 a	13,00 a	3,07 a	3,07 a
TMG 7262RR (inox®)	0,56 a	14,76 ab	3,73 a	3,02 ab	0,38 a	13,12 a	2,00 a	2,63 a
V TopRR	0,67 a	16,53 a	4,24 a	3,29 ab	0,66 a	15,02 a	3,77 a	3,55 a

\*valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si - Tukey 5% de probabilidade.



**Tabela 5** – Teor médio de Cu, Fe, Mn e Zn (mg kg<sup>-1</sup>) em 10 cultivares de soja na região de Arapoti e Ponta Grossa safra 2011/2012.

Cultivar	Arapoti				Ponta Grossa			
	Cu	Fe	Mn	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn
BMX ApoloRR	7,65 a*	82,80 a	19,28 a	5,33 a	6,67 a	86,03 a	8,67 a	5,67 a
BMX PotênciaRR	13,48 a	147,80 a	26,46 a	6,32 a	6,65 a	323,03 a	15,95 a	5,32 a
BRS 232	7,66 a	108,28 a	27,65 a	5,99 a	5,32 a	238,45 a	14,63 a	6,32 a
BRS 284	2,00 a	100,40 a	14,97 a	2,99 a	3,99 a	206,60 a	12,97 a	4,32 a
CD 206	8,32 a	145,80 a	26,96 a	4,33 a	5,66 a	310,00 a	14,64 a	7,32 a
NA 5909RG	10,32 a	148,73 a	23,30 a	4,32 a	6,65 a	106,74 a	12,30 a	4,32 a
NK 3363	6,99 a	221,14 a	24,64 a	8,33 a	5,66 a	121,19 a	14,32 a	5,00 a
Roos AvanceRR	9,33 a	134,86 a	24,99 a	6,34 a	2,99 a	232,05 a	11,97 a	4,99 a
TMG 7262RR (inox®)	11,33 a	94,64 a	25,99 a	6,66 a	5,99 a	112,53 a	11,66 a	4,33 a
V TopRR	8,32 a	166,38 a	25,28 a	6,49 a	4,33 a	203,96 a	13,99 a	5,00 a

\*valores seguidos da mesma letra na coluna não diferem entre si - Tukey 5% de probabilidade.

**Tabela 6** – Quantidade média de P, K, Ca e Mg (kg ha<sup>-1</sup>) na biomassa residual de 10 cultivares de soja na região de Arapoti e Ponta Grossa, safra 2011/2012.

Cultivar	Arapoti				Ponta Grossa			
	P	K	Ca	Mg	P	K	Ca	Mg
BMX ApoloRR	1,51	51,79	17,33	11,8	1,40	32,39	4,89	5,32
BMX PotênciaRR	4,44	66,85	18,1	15,1	2,30	47,26	7,02	9,56
BRS 232	3,35	43,94	22,31	15,4	1,59	39,10	5,88	6,12
BRS 284	2,81	58,55	17,64	11,7	1,07	28,11	4,46	5,10
CD 206	4,01	60,53	18,14	13,6	1,81	38,15	5,81	6,62
NA 5909RG	2,39	58,29	14,38	12,0	1,87	44,73	3,86	7,43
NK 3363	3,31	63,46	19,35	16,3	2,22	51,74	12,46	12,10
Roos AvanceRR	2,91	66,84	22,15	20,3	1,53	45,18	10,67	10,69
TMG 7262RR (inox®)	2,50	65,29	16,51	13,4	1,49	51,40	7,87	10,31
V TopRR	3,10	75,55	19,38	15,0	2,12	48,18	12,11	11,41
Média	3,03	61,11	18,53	14,5	1,73	42,62	7,50	8,46

## 5. Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Determinação do poder calorífico superior, NBR 8633. 1984. 13p.
- BOSE, M.L.V.; MARTINS FILHO, J.G. O papel dos resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.10, n.119, p. 3-7, nov. 1984.
- BRANDIC, I.; ANTONOVIC, A.; PEZO, L.; MATIN, B.; KRICKA, T.; JURISIC, V.; SPELIC, K.; KONTEK, M.; KUKURUZOVIC, J.; GRUBOS, M.; ANA, M.. Energy Potentials of Agricultural Biomass and the Possibility of Modelling Using RFR and SVM Models. *Energies* 2023, 16, 690.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, Acomp. safra brasileira de grãos, Brasília, DF, v.11 – Safra 2023/24, n.6 - Sexto levantamento, p. 1-124, março 2024.
- Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em 2024
- COSIC B.; STANIC Z.; DUIC N. Geographic distribution of economic potential of agricultural and forest biomass residual for energy use: Case study Croatia. *Energy*, V. 36, p. 2017-2028, 2011.
- DE PRETTO, C.; GIORDANO, R.D.L.C.; TARDIOLI, P.W.; COSTA, C.B.B.. Possibilities for producing energy, fuels, and chemicals from soybean: a biorefinery concept. *Waste Biomass Valor* 9, 1703–1730, 2018.
- LORA. E.S.; ANDRADE R.V. Biomass as energy source in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Brasil, V.13, p 777-788, 2009.
- EPE, Empresa de Pesquisa Energética, Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2023 – ano base 2022, EPE, 2023. Disponível em [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br). Acesso em 2024.





- GRAVALOS, I.; XYRADAKIS, P.; KATERIS, D.; GIALAMAS, T.; BARTZIALIS, D.; GIANNOULIS, K. An experimental determination of gross calorific value of different agroforestry species and bio-based industry residues. *Natural Resources*, 7, 57-68, 2016
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em 2024.
- MARIAN, G.R.R.; GELU, I.; GUDÍMA, A.; NAZAR, B.; ISTRATE, B.; BANARI A.; PAVLENCO, A.; DARADUDA, n. The calorific value of pellets produced from raw material collected from both sides of the Prut river. *Journal of Engineering Science* Vol. XXIX, no. 4. 2022, pp. 126 - 137
- MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agraria*, 8:1-17, 2007.
- MME, Ministério de Minas, EPE, Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050, Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em [www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br). Acesso em 2024.
- NOGUEIRA, L.A.H.; LORA, E.E.S. Dendroenergia: fundamentos e aplicações. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 199 p., 2003
- PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Estadual Paraná; 2019; 289 p.
- PERLACK, R.D.; WRIGHT, L.L.; URHOLLOW, A.F.; GRAHAM, R.L.; STOKES, B.C.; ERBACH, D.C. Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: the technical feasibility of a billion-ton annual supply, U.S. Department of Energy and U.S. Department of Agriculture. 2005.
- QUIRINO, W.F.; VALE, A.T.; ANDRADE, A.P.A.; ABREU, V.L.S.; AZEVEDO, A.C.S. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulósicos. *Revista da Madeira*, São Paulo, V.89, n 1, p 100-106, nov 2005
- RAMOS E PAULA, L.E.; TRUGILHO, P.F.; NAPOLI, A.; BIANCHI, M.L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. *Cerne*, Lavras, V.17, n.2, p.237-246, 2011.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 2024.
- SEAB - Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento/DERAL: Tabela Dinâmica de Produção Agrícola por Município. Disponível em: [www.seab.pr.gov.br](http://www.seab.pr.gov.br). Acesso em 2024.
- SILVA, F. C da. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Solos, 1999. 370 p.
- USDA - United States Department of Agriculture. World Agricultural Production. Circular Series WAP 3-24, March 2024. Disponível em: <https://fas.usda.gov/data/world-agricultural-production> Acesso em 2024
- ZHANG, G.; LONG, W. A key review on emergy analysis and assessment of biomass resources for a sustainable future. *Energy Policy*. China, V. 38, p. 2958-2955, 2010.