

Gerenciamento de metais: da floresta à polpa

Celso Foelkel

Universidade Federal de Santa Maria

Departamento de Ciências Florestais

Resumo

O setor de celulose e papel sempre foi grande consumidor de água e de madeira. Até hoje, esses consumos não se têm mostrados conflitivos. Entretanto, pelas crescentes necessidades de se fecharem os circuitos de água, com a conseqüente redução no consumo desse insumo, surgiram pressões para estudos mais intensos quanto às possibilidades de problemas pela entrada de íons metálicos nos sistemas industriais. Fábricas de celulose, que no passado utilizavam até 150 metros cúbicos de água por tonelada de produto acabado, transformaram-se em fábricas modernas, com consumos atuais que variam entre 20 a 40 m³/tad. As previsões são para consumos ainda muito mais restritivos de água, já para os primeiros anos do novo milênio. Estima-se que em poucas décadas, a única água a entrar na futura fábrica de celulose será aquela contida na madeira, mais um eventual fluxo diminuto para repor perdas por evaporação.

A conseqüência desse fechamento de circuitos é óbvia: acumulação de elementos não processuais, entre os quais os minerais das madeiras. As novas tecnologias poderão se concentrar em processos de remoção de íons do processo ou em reduzir a entrada de minerais estranhos para dentro da fábrica.

A madeira é uma grande fonte de minerais para o processo fabril. Junto com ela, em sua constituição química, existem cerca de 0,15 a 1% de cinzas. Essas cinzas incluem óxidos, carbonatos, sulfatos, etc. Caso nos concentrarmos apenas nos elementos minerais mais abundantes (cálcio, magnésio, potássio, sódio, alumínio, silício), reduziremos isso a cerca de 25 a 70% do valor encontrado para cinzas. Ainda assim, estamos falando de substanciais quantidades de elementos. Uma fábrica de 1000 toneladas dia de celulose, consumindo cerca de 2000 t de madeira, recebe o ingresso de aproximadamente 5 t desses elementos minerais por dia. Acrescente-se a isso toda a terra que vem aderida às toras e não eficientemente lavada, mais os minerais dos fragmentos de casca não completamente removidos no descascamento, mais os minerais que ingressam via insumos (calcário, caulim, sulfato de sódio, etc) e temos um grande coquetel de minerais, com conseqüências imprevisíveis.

Já que é imprescindível a redução no consumo de água e conseqüente redução de fluxos de efluentes, sobram duas maneiras para se evitar o acúmulo e a concentração desses minerais no sistema produtivo: reduzir a entrada e/ou encontrar uma saída para sua remoção.

Eficientes sistemas purificadores deverão ser gradualmente instalados nas fábricas, como os processos de nanofiltração, etc. A remoção via resíduos sólidos é outra alternativa bastante viável (cinzas das caldeiras, de fornos de cal, dregs, grits, etc).

Nossa responsabilidade como florestais será a de minimizar a presença de minerais acompanhando a madeira, tanto pelo fornecimento de toras mais limpas e com menos fragmentos de cascas, como também pela própria redução no teor químico

desses minerais na madeira. Estaremos com isso sendo duplamente efetivos: melhorando a sustentabilidade produtiva do solo florestal e melhorando a performance industrial.

Os programas de melhoramento deverão rapidamente incluir a eficiência nutricional das árvores como parâmetro de seleção (p.e. : toneladas de madeira ou de biomassa produzidas por quilograma de determinado elemento mineral). As espécies passarão a ser melhor avaliadas e identificados materiais e clones que exportem menos nutrientes (minerais) via madeira. Resíduos florestais deverão ser incentivados a retornar à floresta , principalmente a casca que contem a maior parte do cálcio removido do solo pela árvore . Espécie resistentes ao clima frio , que em geral possuem maior teor de elementos minerais em sua constituição , deverão aprender a se defender do clima adverso com menor teor de elementos minerais , sob pena de serem descartadas.

São raras as oportunidades que se oferecem ao engenheiro florestal como essa para trabalhar em um programa de melhoramento tão importante para redução da exportação de minerais do solo , criando operações mais limpas , árvores mais eficientes em termos nutricionais , e conseguindo-se uma maior sustentabilidade florestal e industrial.

Ao mesmo tempo , o pessoal da área industrial precisará aprender a devolver ao solo os minerais capturados pelos sistemas de purificação. A pesquisa tecnológica industrial deverá se concentrar em processos de cozimento que incluam grandes quantidades de KOH e K_2O como álcali ativo. Cálcio e sódio da madeira serão fontes de reposição desses íons processuais para o processo produtivo. O magnésio da madeira deverá receber oportunidades no branqueamento da celulose ou no sistema de preparação do licor.

Enfim , há um novo mundo surgindo e muitos ainda não se deram conta disso. Nosso imediatismo e mentalidade reducionista só conseguem ver o curto prazo e pensar em formas onerosas de combater o problema , como com a adição de custosos agentes quelantes ou desincrustantes. Ao refletir sobre essa nova ótica , estaremos tendo o oportunidade de tornar nossa indústria de base florestal ainda mais sustentável e mais amiga do meio ambiente.

Teores médios de elementos minerais encontrados na madeira de *Acacia mearnsii*
(expressos em ppm)

Elementos	<i>Acacia mearnsii</i>
K	860
Ca	849
Mg	261
Na	361
Al	70
Mn	8,9
Si	7,2
Fe	2,27
Cu	1,31
Ni	0,06

Teores médios de elementos encontrados nas madeiras de *Eucalyptus*
(expressos em ppm)

Elementos	<i>Eucalyptus dunnii</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Eucalyptus saligna</i>
K	1020	1363	823	704
Ca	955	652	541	519
Mg	606	243	182	192
Na	264	112	243	458
Al	96	36	53	154
Mn	63,0	45,1	16,6	15,0
Si	12,3	14,5	13,0	25,0
Fe	3,56	2,61	3,52	5,33
Cu	1,07	1,73	1,11	1,43
Ni	0,23	0,38	0,12	0,27

Quantidades médias de elementos minerais presentes na madeira comercial por árvore de *Acacia mearnsii* (g/árvore).

Elementos	<i>Acacia mearnsii</i>
K	71,5
Ca	70,6
Mg	21,7
Na	29,98
Al	5,86
Mn	0,744
Si	0,597
Fe	0,189
Cu	0,109
Ni	0,005
Total	201,305
Total cinzas	474,109
% Elementos*	42,460

*% dos elementos minerais estudados nas cinzas

Quantidades médias de elementos minerais presentes nas madeiras comerciais por árvore de *Eucalyptus* (g/árvore).

Elementos	<i>E. dunnii</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>
K	98,1	68,9	101,7	76,0
Ca	91,8	33,0	66,8	56,0
Mg	58,3	12,3	22,5	20,7
Na	25,38	5,64	29,96	49,37
Al	9,22	1,80	6,54	16,65
Mn	6,056	2,282	2,046	1,614
Si	1,183	0,733	1,609	2,693
Fe	0,342	0,132	0,434	0,575
Cu	0,103	0,087	0,137	0,155
Ni	0,022	0,019	0,015	0,030
Total	290,559	124,877	231,709	223,771
Total cinzas	587,305	539,719	318,731	337,549
% elementos*	49,473	23,137	72,697	66,293

* = % dos elementos minerais estudados nas cinzas.

Quantidades de elementos exportados por hectare (previsão para 7 anos)

Elementos*	<i>Acacia mearnsii</i>
K	121,5
Ca	119,8
Mg	36,829
Na	50,901
Al	9,941
Mn	1,262
Si	1,013
Fe	0,321
Cu	0,185
Ni	0,008
Soma	341,76

kg/ha

Quantidades de elementos exportados por hectare (previsão para *Eucalyptus* aos 7 anos)

Elementos*	<i>E. dunnii</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>
K	145,3	104,5	199,0	150,6
Ca	136,0	50,0	130,8	111,0
Mg	86,258	18,632	44,060	41,010
Na	37,581	8,556	58,641	97,851
Al	13,657	2,728	12,799	33,009
Mn	8,967	3,461	4,005	3,199
Si	1,751	1,112	3,149	5,339
Fe	0,506	0,200	0,850	1,140
Cu	0,152	0,132	0,268	0,306
Ni	0,033	0,029	0,030	0,059
Soma	430,205	189,35	453,602	443,513

kg/ha

Quantidades médias de elementos que ingressam pela madeira em um dia de produção de uma fábrica de 1.000 t/d de celulose de *Eucalyptus*

Elementos	Unidade	<i>E. dunnii</i>	<i>E. globulus</i>	<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>
K	t/d	2,041	2,725	1,647	1,408
Ca	t/d	1,910	1,305	1,082	1,039
Mg	t/d	1,211	0,486	0,365	0,384
Na	t/d	0,528	0,223	0,485	0,915
Al	kg/d	191,805	71,130	105,887	308,754
Mn	kg/d	125,931	90,262	33,134	29,922
Si	kg/d	24,598	29,001	26,054	49,937
Fe	kg/d	7,113	5,215	7,033	10,668
Cu	kg/d	2,136	3,451	2,221	2,866
Ni	kg/d	0,461	0,752	0,249	0,548
Total	t/d	6,042	4,938	3,753	4,149

Quantidades médias de elementos que ingressam pela madeira em um dia de produção de uma fábrica de 1.000 t/d de celulose de *Acacia mearnsii*

Elementos	Unidade	<i>Acacia mearnsii</i>
K	t/d	1,720
Ca	t/d	1,698
Mg	t/d	0,522
Na	t/d	0,721
Al	kg/d	140,819
Mn	kg/d	17,882
Si	kg/d	14,347
Fe	kg/d	4,544
Cu	kg/d	2,626
Ni	kg/d	0,118
Total	t/d	4,841

Eficiências nutricionais
(toneladas madeira /kg elemento mineral)

Elemento	Cálcio	Potássio	Magnésio	Sódio
A. mearnsii	1.21	1.24	3.93	2.81
<i>E. dunnii</i>	1.16	1.03	1.69	7.72
<i>E. globulus</i>	1.74	0.75	4.65	20.27
<i>E. grandis</i>	2.08	1.33	5.81	7.72
<i>E. saligna</i>	1.98	1.53	5.43	2.22