

CADERNO DE QUÍMICA VERDE

Ano 2 - Nº 6 - 3º trimestre de 2017

Editorial

Biorreatores sob a forma de pequenos cubos, constituídos de fermentos embebidos em polímeros e hidrogel, capazes de converter uma solução de glicose em etanol de maneira contínua; “biotintas” para impressoras 3D que contém fatores de crescimento para células-tronco extraídos de algas; a identificação de metaloenzimas capazes de energizar os elétrons de hidrogênio na presença de gás carbônico para formar metano; e a validação de metodologias para avaliar os custos sociais de gases do efeito estufa são alguns exemplos muito recentes de como a sustentabilidade determina as estratégias de inovação que estão moldando os processos produtivos do século XXI. Trata-se de uma oportunidade única para que o Brasil possa tirar proveito de todo o seu potencial para gerar e converter matérias primas renováveis e assegurar a sua posição na nova conjuntura que ainda está em fase de definição.

Infelizmente, no momento, os sinais de que isso possa acontecer são muito pouco animadores. Na questão da educação, por exemplo, apesar de pequenos avanços no ensino secundário, cabe à universidade gerar os conhecimentos necessários para acompanhar o avanço tecnológico, mas ela mal consegue recursos suficientes para seu funcionamento em caráter precário. Ao mesmo tempo, a maior reserva de biodiversidade do planeta, fonte de processos de transformação altamente eficientes e específicos e de recursos genéticos capazes de gerar as espécies com as propriedades exigidas, está sob constante ameaça por parte de atividades predatórias que podem, no máximo, gerar retornos econômicos para pequenos grupos que estão alheios às necessidades nacionais e locais.

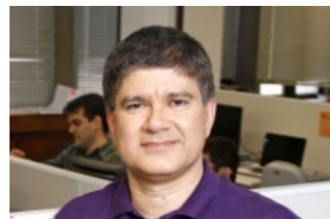
Conhecimentos são essenciais, mas são transformados em benefícios para a sociedade por empresas. O presente Caderno é dedicado a dois aspectos básicos destas questões: como são criadas e gerenciadas empresas baseadas no conhecimento e conhecimentos especializados, relativos ao aproveitamento de matérias primas renováveis obtidas da indústria florestal. O bem-sucedido CEO da Radix fala sobre a sua formação profissional, as suas experiências como empresário, as diferenças encontradas pelas suas empresas no Brasil e nos EUA e aponta qualidades que contribuem para vencer dificuldades inerentes à atividade empresarial, especialmente em situações adversas como a atual. O artigo de fundo aborda os processos de produção e conversão utilizados na indústria florestal com destaque nos de pré-tratamento do material lignocelulósico para vencer a sua recalcitrância.

Devido a sua atualidade e importância estes temas continuarão a ser abordados na próxima edição que cobrirá o VII Encontro da Escola Brasileira de Química Verde. O evento deste ano é dedicado a novos processos na indústria de conversão de biomassa, e abordará também o papel dos centros de pesquisa e “startups” na inovação tecnológica em processos químicos a partir de matérias primas renováveis.

Peter Seidl
Editor

Neste Caderno

14-2



Depoimento de
Luiz Eduardo Rubião,
CEO da Radix

14-9

QUÍMICA VERDE nas Empresas

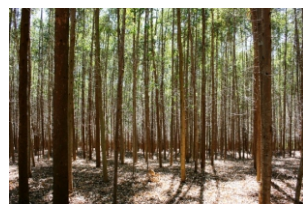
Nova planta de lignina da Suzano.
Substituição do uso de pesticidas.
Revolução para a agricultura.

14-11



Base florestal brasileira
Érico de Castro Ebeling
da Klabin

14-12



A indústria florestal

14-19

QUÍMICA VERDE Eventos

Química Verde no ensino médio

Empreendedorismo e o Papel da Academia

Depoimento de Luiz Eduardo Rubião, CEO da Radix

Adriana K. Goulart
Escola de Química - UFRJ

Caderno QV - Steve Jobs, Bill Gates, Michael Dell e Mark Zuckerberg não terminaram seus cursos universitários. Você atribui a sua excepcional formação acadêmica no Instituto Militar de Engenharia (IME) como a característica mais determinante e primordial para o sucesso da sua carreira empreendedora?

Rubião - Valorizo muito a formação acadêmica das pessoas e os seus estudos. Acho que este é um fator realmente relevante, especialmente quando estamos em um ambiente de alta tecnologia. Falo isto porque não quero que a minha resposta seja vista como um simples apoio a esta ideia de que é melhor não ter o curso universitário.

Acho que os quatro casos citados são exemplos sensacionais, mas eu consigo citar alguns outros exemplo de empreendedores e executivos que tiveram uma carreira acadêmica bastante bacana e que também foram bem sucedidos no mundo dos negócios tecnológicos. *Andy Grove* (da *Intel*) e *Jack Welch* (da *GE*) eram engenheiros químicos e PhD. *Jeff Bezzos* (da *Amazon*) é engenheiro eletricista. Dentre os dois

fundadores do *Google* (*Larry Page* e *Sergey Brin*) e os dois do *Yahoo* (*Jerry Yang* e *David Filo*) três são engenheiros com Mestrado (dois de computação e um eletricista) e um é cientista de computação.

Após este esclarecimento inicial, digo com mais tranquilidade que, sinceramente e especialmente no meu caso, esta questão da formação acadêmica não é a característica mais determinante e primordial ao longo da minha carreira. Acho que ter sido uma pessoa perseverante e capaz de se auto-motivar mesmo em momentos de absoluta adversidade foram aspectos muito mais importantes ao longo destes meus 30 anos de carreira.

Caderno QV - Qual a sua posição sobre a banalização do diploma acadêmico, a vilania atribuída aos empregadores no país e as novas reformas trabalhista e do ensino? Como todos esses fatores interferem na cultura empreendedora nacional?

Rubião - A verdade é que estamos vivendo um momento difícil e bastante complexo de nossa história. Desde que me entendo como um engenheiro (eu diria que desde a metade do meu curso profissional – final de 1985), este é o momento mais duro que enfrentamos aqui no Brasil. É uma hora em que os problemas crônicos e culturais se somam aos problemas agudos do momento e causam uma situação que é difícil de ser decifrada. É difícil dizer o que realmente virá das reformas trabalhista e do ensino, mas acho ruim que as coisas sejam feitas com um certo atropelo e sem



Luiz Eduardo Rubião

um debate mais aprofundado. Pior ainda que estejamos num momento em que o debate está tão difícil e tão radicalizado.

Eu acredito muito na educação e no estudo. Acho até que as formas de estudar, de aprender e de frequentar a escola e a universidade podem mudar rapidamente nos próximos anos, por conta de todas as revoluções tecnológicas e sociais pelas quais estamos passando. Mas ainda vejo espaço para o processo de transmissão de conhecimento.

Quanto à cultura do empreendedorismo, penso que nós ainda temos uma longa estrada pela frente aqui no Brasil. Vejo coisas muito legais no empreendedorismo brasileiro, mas no setor tecnológico ainda estamos muito atrás dos países desenvolvidos. Como a Radix tem uma sede nos EUA, comparo muito o que vejo no mercado de lá com o que eu vejo por aqui. A estrada do empreendedorismo tecnológico nos EUA está significativamente mais estabelecida do que a nossa. A nossa classe média empresarial (ou seja, os empresários que estão com empresas se consolidando e caminhando para se tornarem de grande porte) é muito reduzida. Ainda há um grande quê de heroísmo no empreendedor tecnológico mais persistente aqui no Brasil. É óbvio que começar um novo empreendimento não é algo simples, mas a tarefa de levar um negócio adiante para um novo patamar e com solidez é um desafio tão ou mais difícil que o do começo.

Caderno QV - Você chegou a ministrar cursos preparatórios de matemática, química e física no IME-ITA. Quais deficiências comuns de comportamento e formação lhe chamaram a atenção em relação aos alunos desse nível de formação? O lapso dessas competências perpetua até o final da graduação? Por quê? O que o mestrado agregou nesse processo? A formação contínua do profissional é essencial?

Rubião - Eu dei aulas das três matérias para alunos do ensino médio e para alunos que se preparavam

para os vestibulares do IME e do ITA. E, nas turmas IME-ITA, dei aula para alunos que vinham do ensino médio e também para oficiais egressos da AMAN. Aliás, eu sempre tive uma ligação muito forte com os dois institutos. Eu me graduei no IME, mas cheguei a frequentar a semana de adaptação no ITA antes de me decidir pelo IME e pela Engenharia Química. Na verdade, pra ser sincero, eu estudei em poucos lugares e sempre tive uma ligação muito forte com todos: o Colégio Marista São José (entrei lá ainda no Jardim da Infância e só saí para me preparar para o vestibular), o Impacto (onde fiz a turma IME-ITA e onde acabei virando professor), o IME (sobre o qual já falei) e a COPPE.

O engraçado é que mesmo com a COPPE, onde fiquei pouco tempo, consegui criar um laço forte. Nunca me esqueço que, há alguns anos, a equipe organizadora da Semana da Escola de Química da UFRJ fez uma mudança no calendário e acabou me avisando em cima da hora. Eles me pediram desculpas e falaram que, como eu era da casa, se sentiram à vontade para avisar a mim depois dos demais. Eles não sabiam que eu tinha feito a graduação no IME e, por tudo que ouviam, acharam que eu tinha sido aluno da UFRJ desde a graduação. Eu achei muito legal e aquilo aguçou o meu senso de pertinência para com a UFRJ e a COPPE.



Bolsas de estudo, capacitação e transparência ao lidar com a equipe proporcionaram à Radix o primeiro lugar das melhores empresas para se trabalhar segundo o *Great Place to Work*

Nas turmas em que dei aula, vi de tudo. Tem muito aluno, por exemplo, que tem horror à Química e cria um bloqueio tão forte a ponto de exigir que o Professor exercite aquela máxima (que muitos atribuem à *Einstein*): "você ainda não entendeu uma coisa se você não consegue explicá-la para a sua avó". Por mais que eu soubesse que a preparação para o vestibular do IME e do ITA exigia um verdadeiro treinamento do aluno, eu sempre me incomodei quando os alunos não entendiam alguma coisa e sempre busquei um jeito realmente simples de explicar as coisas.

Eu tive dois momentos importantes na minha vida que funcionaram como rupturas no meu modo de estudar e que representaram um salto significativo em termos de aprendizado. O primeiro foi exatamente a turma IME-ITA (com grandes mestres, como os Professores Roquette, Silva Mello e Brandão, só para citar alguns nomes), que antecipou a minha fase universitária no IME e marcou uma ruptura com a minha fase mais colegial. O segundo momento foi o semestre de disciplinas no Mestrado na COPPE (com grandes professores que já se foram, como *Giulio Massarani* e *Cyrus Hackenberg*, e tantos outros que ainda estão na ativa), que abriu minha cabeça para um outro jeito de pensar. Este processo que aconteceu comigo foi fundamental para entender o que acontece com muitos alunos nestas grandes mudanças entre o colégio – universidade – pós-graduação e só reforçou na minha cabeça a importância dos verdadeiros mestres nesta hora. Sem eles, sem um ambiente adequado para o crescimento intelectual, mesmo os bons alunos podem perecer. Por outro lado, em ambientes positivos e motivadores, os mestres se soltam e os alunos decolam. No

Brasil, existem exemplos que corroboram esta tese, como um núcleo no ensino médio do Ceará que faz com que os alunos de lá tenham um sucesso retumbante nos vestibulares do IME e do ITA, em diversas Olimpíadas e mesmo em processos de seleção de universidades estrangeiras.

Este ambiente motivador e, por que não dizer feliz, precisa existir também na graduação e acho que nós tivemos algum êxito aqui no Brasil há alguns anos atrás. Eu vi com clareza como o ambiente acadêmico ficou mais efervescente. A Radix passou a patrocinar diversas equipes acadêmicas com alunos que competiam nas mais diferentes modalidades tecnológicas (robótica, barcos solares, carros elétricos e por aí vai). Neste ambiente positivo, os alunos encontravam a motivação para estudar e aprender mais e para superar deficiências que, do contrário, realmente poderiam se perpetuar.

E a coisa não muda de figura depois que o aluno vira profissional e sai da academia. O aprendizado contínuo é algo extremamente necessário nos dias de hoje. Alguns são autodidatas e vão se virando, outros fazem um mestrado em paralelo ao trabalho ou entram para um mestrado profissional, outros

procuram os cursos de pós-graduação lato-sensu. O importante é não parar. Estamos vivendo uma era em que o conhecimento tem sim muito valor. Agora mesmo estamos sendo desafiados com esta questão do *Data Analytics*. A Radix encarou este desafio, fez projetos bem legais nesta área e eu cobreí dos garotos que



Equipe acadêmica de Robótica MinervaBots da UFRJ, campeã em do Robotic Weekend e uma das representantes brasileiras no International Robot Sumo Tournament, recebe patrocínio, além de poder conhecer os projetos criados pela Radix para ampliar o conhecimento sobre tecnologia

publicássemos os resultados em uma revista internacional padrão A. Esta divulgação é muito importante para uma empresa como a nossa nos dias de hoje.

Caderno QV - O que precisa ser trabalhado nas universidades, tanto por parte dos professores quanto dos alunos, para formar profissionais que atendam aos anseios do mercado de *software* e engenharia? E do empreendedorismo em geral?

Rubião - Creio que as universidades brasileiras têm conseguido reagir razoavelmente bem aos desafios que têm enfrentado. O mercado de tecnologia está aí para nos instigar. A balança comercial tecnológica brasileira é simplesmente sofrível! Acho que perdemos uma grande chance histórica. Agora temos que correr novamente atrás do prejuízo.

Fiz engenharia na primeira metade da década de 80 e, no meu curso de engenharia química no IME, tive mais de dez cadeiras ligadas de alguma forma ao desenvolvimento de sistema computacionais. Já naquela época, antes mesmo do *Facebook*, do *Google*, do *Windows*, do *DOS*, os militares acreditavam piamente na questão estratégica da computação.

Acabei cursando engenharia química e comecei, desde cedo, a trabalhar para uma indústria que também sempre acreditou muito na computação. O meu mestrado na COPPE foi totalmente computacional. Em 1992, ainda nos primórdios da *Chemtech*, fizemos o nosso primeiro projeto de Simulação Fluidodinâmica (CFD) para a *Shell* Brasil. Por conta do IME, da COPPE e da indústria do petróleo, sempre tive uma consciência clara da importância de juntar a engenharia e o *software*. E sempre fiquei abismado com o descaso com que isto foi tratado ao longo de tanto tempo. Agora, a Indústria 4.0 e a Revolução Digital estão aí nos desafiando de maneira dura. Nós temos que estar preparados para este desafio. Os alunos têm



Radix desenvolve sistema para acompanhar e avaliar a assistência familiar para a Associação Saúde Criança, eleita a 19ª ONG mais influente do mundo

que ir se habituando às artes da robótica, da análise de dados, dos controles avançados de processo e dos modelos 4D. Se conseguirmos engrenar isto, temos uma chance real de virar o jogo desta crise e transformar o Brasil em um pólo tecnológico.

O empreendedorismo faz parte deste jogo. É muito mais fácil você montar uma empresa relacionado ao desenvolvimento de *software* do que uma empresa que exija grandes investimentos de capital. Hoje, as empresas estrangeiras estão cheias de problemas que poderiam ser resolvidos por produtos desenvolvidos por pequenas empresas inovadoras. Estive recentemente com um alto executivo de uma grande petroleira americana e ele estava me contando como os setores de engenharia da sua empresa estavam buscando se reinventar no momento, com menos projetos de CAPEX e com uma alta demanda digital por parte dos clientes. Alguns dias depois, apresentamos umas soluções para um alto gerente de engenharia da mesma petroleira e mostramos as vantagens que poderiam alcançar num projeto de EPC. Ele respondeu à nossa equipe que, há alguns anos, estaria muito interessado realmente nestes ganhos. Entretanto, hoje, estava mais interessado em saber como fizemos aquilo do ponto de vista de TI e como poderia usar nossa solução dentro da sua empresa para outras demandas semelhantes.

Caderno QV - Segundo *Obama*, o empreendedorismo tem o poder de trazer crescimento e prosperidade para todos os países. O Brasil, entretanto, não tem uma cultura que valoriza a criatividade e a inovação e o conservadorismo histórico, a burocracia, as mudanças na economia e a corrupção dos governantes e de grandes empresários são os principais empecilhos para os empreendedores. Como é possível quebrar esse ciclo no país? Como foi superar cada uma dessas adversidades? Quais conselhos você daria para aqueles que sonham em empreender em um cenário tão pessimista, incerto e hostil para o empregador?

Rubião - *Obama* realmente falava e fazia coisas incríveis. Ele está certíssimo! Quando você começa a ter um grupo de empresas florescendo, crescendo, criando um ambiente próspero, as coisas entram em um ciclo virtuoso. O brasileiro é extremamente criativo e indiscutivelmente inovador, mas não sei dizer se este talento está tão claramente desenvolvido no setor tecnológico. Nós temos muitos problemas crônicos aqui no Brasil e uma questão de escala mal resolvida.

Se você faz algo nos EUA ou no Brasil, olha a diferença de mercado que você tem. Olha a diferença de número de clientes que você pode ter lá e cá. Hoje, com tudo o que vejo aqui no país, eu realmente acredito em um empreendedorismo tecnológico que consiga ser internacional. Que seja, pelo menos, bilíngue. Estou empenhado em uma missão de alavancar a Radix US e tenho visto como somos bem recebidos nos mais diferentes setores. E como, muitas vezes, continuamos pensando pequeno mesmo estando num mercado muito maior e desafiador.

Eu sinceramente acho que, se você quer empreender em tecnologia hoje em dia no Brasil, deve pensar no mundo ou, pelo menos, nos Estados Unidos. Isto também é uma forma de tentar quebrar este ciclo depressivo em que acabamos

induzidos aqui no Brasil. Não é fácil e é algo que tira você da zona de conforto, mas eu tenho muita esperança neste caminho. Confesso que já pensei até em abrir um negócio para ajudar empresas brasileiras a trilharem este caminho.

Hoje, você precisa se fazer conhecido. Precisa conhecer os grandes *players* do mercado. Precisa se apresentar bem para os grandes clientes. E precisa conseguir atrair talentos lá fora também. Nos últimos tempos, esta tem sido a minha experiência empresarial mais interessante e motivadora.

Caderno QV - Quais foram as principais diferenças (facilidades e dificuldades) entre emergir no mercado nacional, incluindo entre estados, e no mercado internacional? Gerir uma empresa de maior e menor porte? E em um cenário de crise e de ascensão econômica? Como você lidou com os erros e como isso o levou a tomar as melhores decisões?

Rubião - Cada situação destas tem a sua dificuldade. O mercado brasileiro tem suas dificuldades e o americano também. Mas o fato é que, superadas as dificuldades, você tem uma colheita muito mais rica num mercado mais maduro como o americano. Além disto, é importante considerar que os americanos têm um país pensado para as coisas darem certo. Aqui no Brasil, ainda temos muitos procedimentos, leis e comportamentos que estão mais associados a evitar que algo dê errado. É uma linha de raciocínio muito diferente. Aqui ouve-se dizer que está preocupado com problemas. Lá, a preocupação é com as oportunidades.

É óbvio que, tanto lá como cá, você precisa lidar com os problemas usuais do dia a dia. Você precisa resolver a questão financeira e do caixa. Mas, de novo, lá o prêmio pode ser bem mais generoso.

Gerir uma empresa grande tem suas complexidades. Especialmente quando você já foi

pequeno um dia e quer manter alguns dos valores da empresa pequena. E a coisa pode ser pior ainda se o seu processo de crescimento tiver sido rápido demais ou se você enfrentar um cenário de reversão de expectativas como este que vivemos agora.

Os erros acontecem. A gente tem que aprender com eles, mas não pode ter medo deles. Não podemos deixar de decidir por medo de errar. Esta demora já é um grande erro. Especialmente no mundo de hoje, onde agilidade é tudo. Agora, quanto à qualidade das decisões, tenho uma dificuldade em dizer se elas são melhores ou piores.

Caderno QV - Barack Obama havia afirmado que os melhores setores para os empreendedores inovarem são as áreas de energia limpa, educação e saúde. Diante do cenário pessimista das indústrias de óleo e gás e petroquímica, a estratégia que têm adotado é a da diversificação dos negócios em áreas multidisciplinares. A integração dos esforços de várias áreas de conhecimento é uma das principais dificuldades para a difusão mundial da Química Verde no mundo. A Radix, diante desta vantagem competitiva, tem se comprometido também em fazer projetos intrinsecamente seguros e ambientalmente-economicamente favoráveis? O mercado de projetos

sustentáveis da empresa está em expansão e tem sido um diferencial para a sobrevivência da empresa com o mercado em crise? Poderia citar alguns exemplos deste tipo de projeto?

Rubião - Creio que nem é preciso concordar de novo com o *Obama*. Os três setores que ele citou são setores que precisam crescer, que precisam de tecnologias novas. De modo geral, no entanto, penso que a crise do petróleo, tanto a mundial quanto a local, serviu para nos obrigar a trilhar o caminho da diversificação e que é sem volta. Algumas pessoas da indústria de petróleo falam do “*lower for longer*”. Outras já falam do “*lower forever*”. Eu acredito piamente na primeira opção, que as coisas vão mudar de novo, como já vi acontecer outras vezes. Mas, mesmo que voltem a melhorar, pelo menos para a Radix, a diversificação veio pra ficar. Neste processo de diversificação, começamos a explorar novos conceitos mesmo em cenários antigos. Fizemos, por exemplo, um projeto de *troubleshooting* para um grande cliente americano de duas formas: uma tradicional usando modelos rigorosos e outra usando técnicas de *Data Analytics*. Juntamos a equipe de engenharia mais clássica com a de ciência de dados. E o resultado foi bem promissor.

Neste mundo de novidades, temos tentado explorar ao máximo conceitos como a Eficiência Energética e o *Chemical Leasing*.



Integrantes da Solar Brasil homenageiam à patrocinadora Radix com uma réplica do eSB Carine, atual campeão do Desafio Solar Brasil 2016

O primeiro já é um conceito bem aceito por muita gente e onde podemos ter vitórias rápidas e muito importantes. O segundo é algo novo e que tenta mudar a tradição de se comprar produtos químicos consumíveis por quantidade (quilogramas ou litros) para um novo pensamento de se pagar por um serviço (o cliente pagaria pelos objetivos alcançados com as substância químicas consumíveis e não pelas quantidades usadas destes consumíveis). Ainda encontramos resistência por parte dos clientes, mas estamos tendo as primeiras vitórias parciais. Mas ainda há um longo caminho a percorrer. Os projetos sustentáveis estão começando a representar uma fatia pelo menos detectável dentro do negócio da empresa. Espero que façamos mais progressos.

Caderno QV - O Compliance é um programa de Ética e Integridade que preza pela prevenção e combate da corrupção dentro da Radix e no contrato com terceiros. Esse programa surgiu como uma resposta aos recentes escândalos de corrupção envolvendo empresas e governos? Quais benefícios foram alcançados com o mesmo? É possível afirmar que este tipo de iniciativa está se popularizando entre outros mercados e empresas concorrentes?

Rubião - O fato de termos sempre trabalhado de forma mais intensa com o mercado de óleo e gás nos fez pensar que, em função de tudo o que aconteceu no país e, especialmente, no setor de óleo e gás, seria bom a gente fazer algo pró-ativo para mostrar interna e externamente a nossa preocupação com o assunto do combate à corrupção e com a condução de um negócio correto no dia a dia. Decidimos implementar o programa de *compliance* também como uma



Radix integra grupo seleto de empresas do Programa Pró-Ética promovido pelo CGU - Controladoria-Geral da União

demanda provocada por nossos clientes nos Estados Unidos.

Começamos a implementação do programa e, em um certo ponto, percebemos que não era simples convencer de que o tema era crucial e merecia a atenção e a energia de todos. Foi aí que apareceu a chance de participar do programa Pró-Ética, do Ministério da Transparência e da Controladoria Geral da União. Em 2015, nós participamos do processo, mas, até pela tenacidade de nosso programa, batemos na trave e ficamos a poucos pontos de obter o selo.

Em 2016, voltamos à carga e fizemos o dever de casa. Conseguimos, então, ser uma das 25 empresas aprovadas em todo o país (cerca de 200 empresas participaram da etapa final de avaliação da equipe da CGU). Hoje, mostramos o selo com orgulho no mercado nacional, nos EUA e no Canadá e sentimos que os nossos clientes dão valor a esta conquista.

Depois deste selo, ficou claro para mim que mais e mais empresas estão interessadas em ter o mesmo reconhecimento. Eu já apresentei palestras em vários grupos e várias empresas e acho que este pode ser um movimento bem bacana aqui no Brasil.

QUÍMICA VERDE

nas Empresas

Nova planta de extração de lignina da Suzano Papel e Celulose

Maria Emilia Drummond Blonski

Consultora Eng. Produção – Linha de Fibras - Suzano

A Suzano Papel e Celulose está investindo na extração de lignina, um subproduto extraído no processo de fabricação de celulose (obtido a partir do licor negro resultante do processo de cozimento da madeira) que pode substituir derivados de petróleo em aplicações de alto valor agregado. Considerada uma nova fronteira tecnológica da indústria de papel e celulose, a aplicação da lignina, hoje restrita à geração de energia, poderá acontecer na indústria de construção civil, moveleira, dentre outras.

A planta está sendo construída na unidade da empresa em Limeira e terá uma capacidade de 20 mil toneladas por ano. A expectativa é iniciar a produção industrial no primeiro semestre de 2018. Toda a lignina produzida será utilizada para produzir químicos para diferentes segmentos de mercado, permitindo seu aproveitamento em cadeias de maior valor. O marco posiciona a empresa em uma nova fronteira tecnológica da indústria, reforçando a sua estratégia de negócios adjacentes.

Substituição do uso de pesticidas por microrganismos

Gustavo de Mattos e Isac Martins

CEOs - Biomulti

A microbiota intrínseca do solo atribui vários benefícios ao agroecossistema, como a solubilização de nutrientes, fixação de nitrogênio, controle de pragas e doenças, produção de fitormônios, entre outros. As práticas de cultivos modernas como a adubação e a utilização de agroquímicos fazem com que essas culturas reduzam consideravelmente suas populações no solo, sendo necessária sua reposição.

A Biomulti atua na multiplicação massal desses microrganismos ao aplicar nas lavouras bactérias que substituem o uso de defensivos químicos, tais como: carbaril, clorpirifós, triclorfon, paration metílico, clorfluazuron, carbosulfano, carbofurano, benzimidazol, fosfanato e dicarboximida. As bactérias que controlam a presença de nematoides eliminaram a aplicação anual de vinte mil litros de carbofurano (químico altamente tóxico) em dez mil hectares de terra. Já as que são fixadoras de nitrogênio eliminam a adição de 40 a 100% de nitrogênio no solo. Outra vantagem observada é o aumento de até 30% da produtividade do cultivo.

BioAg Alliance: A revolução microbiológica para a agricultura

A BioAg Alliance é uma parceria entre a Novozymes e a Monsanto para desenvolver soluções sustentáveis que minimizam o passivo ambiental e aumentam a produtividade no campo com menos recursos (principalmente fertilizantes e pesticidas químicos), como o Acceleron B-300 SAT. O produto é um revestimento de base biológica que prolonga em até dois anos o armazenamento das sementes em condições adequadas. Além do aumento da produtividade, os produtores adquirem maior flexibilidade para a comercialização da produção.



VII EEBQV

**VII ENCONTRO DA
ESCOLA BRASILEIRA
DE QUÍMICA VERDE**

Novos processos para a
indústria de renováveis

9 e 10 - Out/2017
INT - Rio de Janeiro - RJ



Submissão de trabalhos até 27/09

O VII Encontro da Escola Brasileira de Química Verde abordará novos processos químicos/bioquímicos para a Indústria de Renováveis. O evento tem como principal intuito promover a troca de informações e de contato entre representantes de empresas atuantes no âmbito da Química Verde e pesquisadores desta área.

O Workshop contará com conferências plenárias proferidas por pesquisadores de renome internacional, além de sessões técnicas e de pôsteres. Os palestrantes já confirmados incluem John Biggs (Diretor de P&D, Dow Chemical, América Latina), Fabio Carucci Figliolino (Gerente de PD&I, Suzano Papel e Celulose), Nádia Skorupa Parachin (Sócia Cofundadora, Integra Bioprocessos), Nadine Essayem (P&D em Catálise, IRCELYON-França) entre outros descritos na programação preliminar divulgada abaixo.

Confira os prazos e procedimentos para a submissão de resumos e para a inscrição no link:
<https://eebqv2017.wordpress.com>

PROGRAMA PRELIMINAR	
Horários	9 DE OUTUBRO
08:30 - 09:00	Credenciamento/Entrega de Material
09:00 - 09:30	Cerimônia de abertura Fernando Cosme Rizzo Assunção, Diretor do INT Lucia G. Appel, coordenadora do VII EEBQV Peter Rudolf Seidl, EEBQV
09:30 - 10:30	Conferência I - Nadine Essayem (Université de Lyon, França) <i>Solid acid catalyzed Lignocellulosic Biomass conversion in Water or SC organic solvents: Understanding and overcoming limitations</i>
10:30 - 11:00	Café, visitação a expositores e sessão de pôster
11:00 - 12:15	Sessão 1 - A Química Verde na produção de commodities
	11:00 - 11:25 John Biggs (DOW Chemical) - <i>Estratégia de inovação da DOW em Química Verde</i>
	11:25 - 11:50 Carlos René Klotz Rabello (Petrobras) - <i>a definir</i>
	11:50 - 12:15 Roberto Werneck (Braskem) - <i>Produtos químicos renováveis sob a visão da química verde</i>
12:15 - 14:00	Almoço livre
14:00 - 14:40	Conferência II - Joachim Venus (Leibniz Institute, Alemanha) <i>Fermentation and purification of lactic acid using membrane processes</i>
14:40 - 16:10	Visitação a expositores/ Sessão de pôsteres/ Avaliação dos pôsteres candidatos ao prêmio "Professor Arlkerne Sucupira"
16:10 - 17:25	Sessão 2 - Promovendo a inovação em Química Verde
	16:10 - 16:35 José Marcos Ferreira (Fábrica Carioca de Catalisadores) - <i>a definir</i>
	16:35 - 17:00 Luciano Zamberlan (Raizen) - <i>Estratégia para processamento da corrente de xilose</i>
	17:00 - 17:25 Raquel da Silva (Oxiteno) - <i>Produção biocatalítica de ésteres</i>
	17:25 - 17:50 Guilherme Sepe (Elsevier) - <i>Indicadores da pesquisa em Química Verde</i>
17:50 - 18:30	Coquetel

PROGRAMA PRELIMINAR	
Horários	10 DE OUTUBRO
09:00 - 09:15	Abertura
09:15 - 10:15	Conferência III - Franck Dumeignil (Université de Lille, França) <i>Integration of Chemo- and Bio-Catalysis in Biorefineries of the Future</i>
10:15 - 10:45	Café, visitação a expositores e sessão de pôster
10:45 - 12:00	Sessão 3 A - Os Institutos de pesquisa no desenvolvimento de processos químicos e biotecnológicos a partir de renováveis
	10:45 - 11:10 Carolina Maria M. Andrade (Instituto Senai de Inovação Biomassa) - <i>Lignina: ligação entre energia e a biotecnologia</i>
	11:10 - 11:35 Marco Andre Fraga (Instituto Nacional de Tecnologia) - <i>Uma visão sobre os estudos em química verde e processamento e conversão de biomassa no Instituto Nacional de Tecnologia</i>
	11:35 - 12:00 Silvio Vaz Jr (Embrapa Agroenergia) - <i>Usos da Biomassa na Química Verde</i>
	Sessão 3 B Apresentação oral de trabalhos selecionados ao Prêmio
12:00 - 13:30	Almoço livre
13:30 - 14:20	Visita aos Laboratórios do INT
14:20 - 15:00	Conferência IV - Benoit Moreau (Haute École Condorcet, Bélgica) <i>FSynthesis of new surfactants from renewable resources thanks to biocatalysts - Bioactive</i>
15:00 - 15:20	Entrega do Prêmio "Professor Arlkerne Sucupira" e apresentação do trabalho laureado
15:20 - 15:40	Café, visitação a expositores e sessão de pôster
15:40 - 17:10	Mesa Redonda - A Química Verde como vetor na modernização da Indústria Química Brasileira
	15:40 - 15:55 Fabio Carucci Figliolino (Suzano Papel e Celulose) - <i>a definir</i>
	15:55 - 16:10 Nádia Skorupa Parachin (Integra Bioprocessos) - <i>Desafios na estabelecimento e consolidação de startups biotecnológicas no Brasil</i>
	16:10 - 16:25 A definir
	16:25 - 16:40 Julie Dumont (Scientific Liaison Officer Wallonie-Bruxelles International) - <i>Parcerias público-privadas na Bélgica: o caso do cluster de tecnologias verdes Greenwin e oportunidades de parcerias Bélgica-Brasil</i>
	16:40 - 17:10 Debate moderado
	Sessão de Encerramento

Base Florestal Brasileira:

Uma fonte de oportunidades para o segmento químico sustentável

Erico de Castro Ebeling

Executivo de Gestão em Operações Industriais / Inovação Tecnológica da Klabin

Com 6 horas de insolação diárias em média, pluviosidade com valores anuais de 1500 a 2000 mm e geografia adequada, o Brasil tem a vocação natural para gerar valor a partir de sua base florestal. Atualmente, o país possui 2,5 milhões de hectares de florestas plantadas para fins industriais, 3 milhões de hectares de florestas preservadas e 3 milhões de hectares de florestas certificadas. A área reflorestada representa menos de 1% do total de 550 milhões de hectares de terras agriculturáveis. Assim, com uma produtividade de 50 M³ de madeira/ha/ano (eucalipto) e 40 M³ madeira/ha/ano (*pinus*), a base florestal nacional é referência mundial no setor.

As florestas representam um dos maiores e mais eficientes “reatores” do mundo, os quais transformam CO² da atmosfera em polímeros, usando como insumos a

luz solar, água e a terra. Com uma composição média de 45% celulose, 25% de hemicelulose (hexosanas e pentosanas), 25% de lignina e 4% de extrativos, atualmente, a madeira é a principal matéria-prima para a produção de celulose (3º produtor mundial) e de energia sustentável no mercado. Além disso, a base florestal oferece inúmeras oportunidades para complementar a rede de valor dos hidrocarbonetos e diminuir a pegada de carbono relacionada ao ciclo de vida de seus produtos.

A lignina, por exemplo, segunda molécula orgânica natural mais abundante no planeta, é uma fonte potencial para inúmeros produtos, tais como dispersantes, ligantes, quelantes, reguladores reológicos e outros. A partir das polioses (hemiceluloses) obtém-se produtos de interesse não só da indústria farmacêutica - como adoçantes para minimizar as consequências da diabetes -, mas também gerar bases para produção de plástico verde. Os extrativos, principalmente presentes na espécie *pinus*, podem ser utilizados para produzir emulsificantes, detergentes, adesivos, inibidores de corrosão, resinas, cosméticos entre outros.

Escalas de produção significativas podem ser encontradas nas fábricas de celulose, as quais na verdade são biorefinarias com dois produtos básicos, energia e celulose. Atualmente, o desafio se concentra na pesquisa e desenvolvimento dos processos transformadores da biomassa de origem florestal que permitam implementar as escalas de produção dos produtos “verdes” que estarão complementando a produção atual de celulose e alavancando a posição do Brasil no cenário mundial.



Erico Ebeling

A Indústria Florestal

Adriana K. Goulart¹, Ana Karolina M. Figueiredo^{1,2}, Alice Pita-Barbosa³ e Peter R. Seidl¹

¹Escola de Química da UFRJ, ²Agência Nacional do Petróleo (ANP), ³Universidade Federal de Viçosa

Introdução

Em 2015, o setor florestal brasileiro foi responsável por 4,7% das exportações brasileiras (US\$ 9 bilhões), receita bruta de R\$ 69,1 bilhões (6% do Produto Interno Bruto (PIB) Industrial) e 1,2% da riqueza gerada no país. A celulose é o produto madeireiro de exportação com o maior valor agregado (US\$ 5 bilhões), seguido do papel/papelão (US\$ 2 bilhões). Nesse mesmo ano, 70% da celulose nacional foi exportada e nos últimos 10 anos, sua produção cresceu 5,9% ao ano. Dos produtos não madeireiros, a cera vegetal, a castanha de caju e a erva-mate possuem os maiores valores de venda (seus preços variam entre US\$100-120 milhões). Com relação à importação, o papelão (US\$700 milhões) e a borracha natural (US\$ 380 milhões) são os produtos madeireiros e não-madeireiros, respectivamente, adquiridos pelo maior preço de compra. Demais produtos de origem florestal estão representados na Figura 1.

A reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos

florestais beneficiam não só o meio ambiente, mas a economia da indústria, por eliminar custos com a separação, o tratamento e a disposição e, principalmente, por agregar valor aos subprodutos, amortizando custos com a matéria-prima. Por isso, esta edição do caderno irá tratar sobre processos voltados para a geração de produtos com maior valor agregado a partir de todos os componentes das matérias-primas florestais e para a formação mínima de substâncias perigosas e efluentes. Outra abordagem refere-se às técnicas de melhoramento genético para o abastecimento seguro das matérias-primas florestais frente às adversidades climáticas e ao aumento da demanda.

Processos para converter integralmente a matéria-prima florestal

A economia circular é prática comum da indústria de papel e celulose, tendo em vista que, em

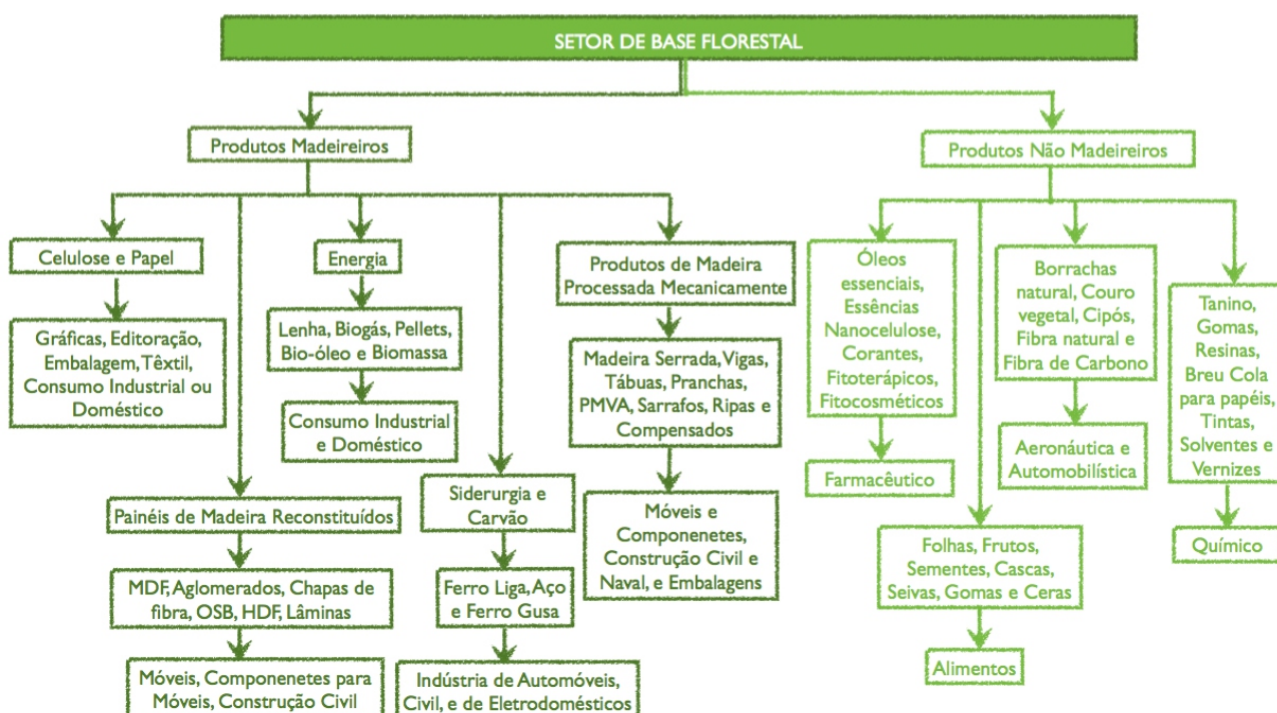


Figura 1 - Configuração do setor de base florestal

2015, 99,7% dos 46,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos (cascas, galhos e folhas) provenientes das atividades florestais e industriais correlatas destinaram-se à proteção e fertilização dos solos das florestas. Os demais resíduos (óleos, graxas e embalagens de agroquímicos) foram enviados para tratamento antes da destinação final. Alguns desses subprodutos possuem valor comercial, como o “tail-oil” (usado na fabricação de tintas, como agente de flotação ou fertilizante) e a terebintina sulfatada (empregada na síntese do óleo de pinho, largamente usado na flotação de minério, e no processamento de têxteis, como solventes ou agentes odorizantes e bactericidas).

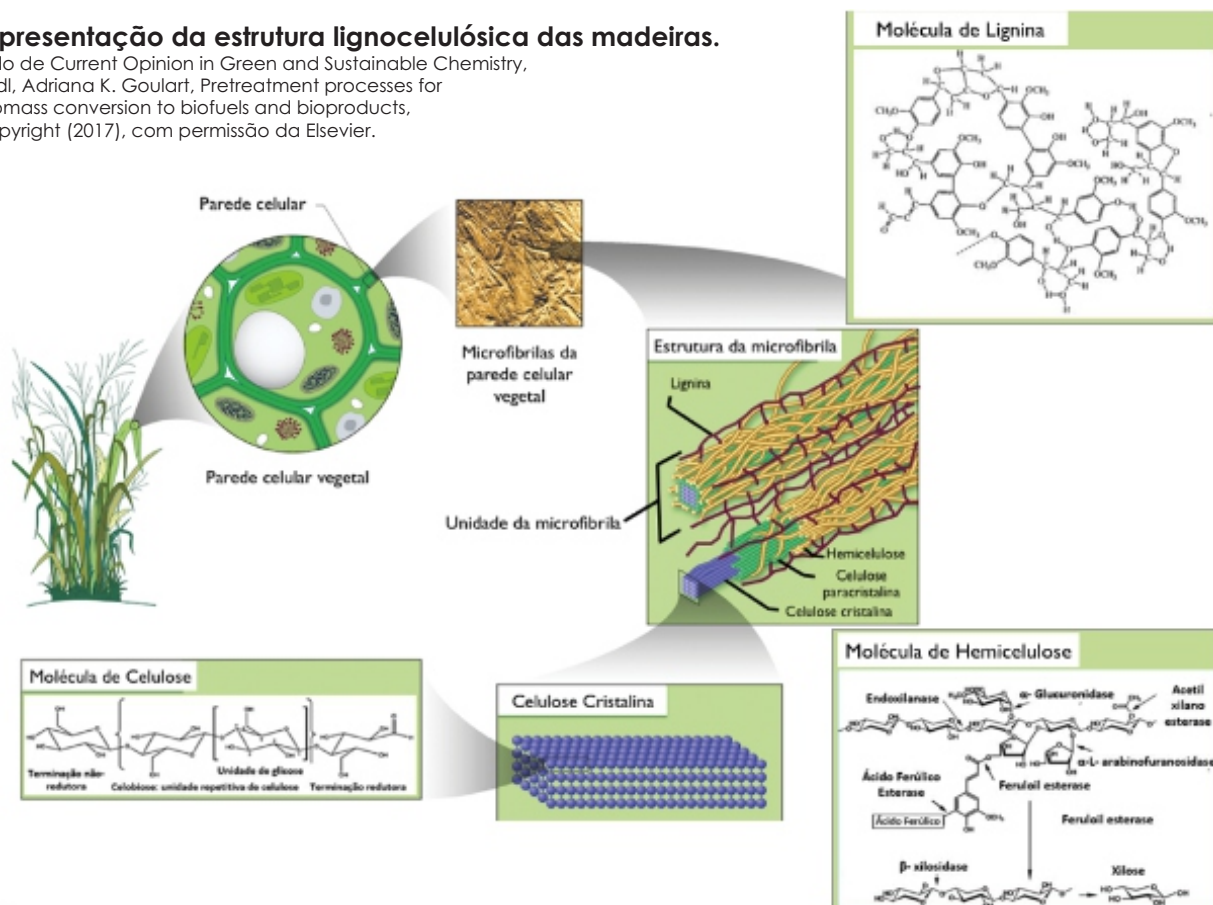
Em 2015, estimou-se que 4,6 milhões de toneladas de papel (cerca de 61% do total) retornaram ao processo produtivo para reciclagem. Na indústria, 24,6% dos resíduos de serragem e aparas de papel foram reutilizados como matéria-prima por outras empresas do setor. A lama de cal e a cinza das caldeiras representam 5,8% dos resíduos e foram aplicados na produção de cimento e óleo combustível reciclado. O maior quantitativo (65,9%) dos subprodutos foi queimado em caldeiras e conduzidos para turbinas em

usinas de gás para gerar energia limpa e renovável, tanto térmica (em forma de vapor), quanto elétrica. O licor negro e a biomassa florestal representaram 62,5% e 17,3%, respectivamente, da energia produzida pelas próprias plantas do setor (aprox. 65,1 milhões de gigajoules (GJ)), cerca de 67% da demanda total (96,8 milhões de GJ). No Brasil, existem nove empreendimentos termoeletrônicos de biomassa florestal para a geração elétrica, três já estão em operação e o restante em construção ou negociação.

A volatilidade dos preços do petróleo, as restrições às emissões de gases do efeito estufa e da poluição ambiental e o aumento da lucratividade são alguns dos fatores que conduziram os investimentos em PD&I para a conversão das biomassas florestais em produtos químicos com alto valor de mercado, substitutos ou não do petróleo. A versatilidade de potenciais aplicações derivadas da composição heterogênea das frações lignocelulósicas também é estratégica para tornar a indústria de base florestal competitiva no mercado mundial de renováveis. As paredes celulares dos resíduos florestais (representadas na Figura 2) possuem diferentes

Figura 2 - Representação da estrutura lignocelulósica das madeiras.

Fonte: Reproduzido de Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, vol. 2, Peter R. Seidl, Adriana K. Goulart, Pretreatment processes for lignocellulosic biomass conversion to biofuels and bioproducts, p. 48-53, 2016, Copyright (2017), com permissão da Elsevier.



composições químicas e variações entre as porcentagens e os tipos de ligações entre os carboidratos da celulose e hemicelulose, os compostos fenólicos da lignina, assim como os extrativos e cinzas da estrutura.

Alguns exemplos de rotas de produção de produtos com alto potencial de mercado estão representados na figura 3 e incluem:

- A gaseificação para gerar gás de síntese ou bio-óleo, com posterior produção de biocombustíveis e bioprodutos.
- A hidrólise (química ou enzimática) dos polissacarídeos da celulose e hemicelulose favorece a formação de monômeros de açúcar da celulose (glicose) e hemicelulose (glicose, xilose, manose, arabinose e galactose). Estes açúcares são comumente fermentados à bioetanol, PLA, PHA, entre outros polímeros.
- A transformação química das pentoses e hexoses da hemicelulose favorece a formação de compostos orgânicos oxigenados, como o HMF, furfural, ácido acético, succínico, urânico, levulínico, fórmico, furóico e ferúlico.
- A conversão dos compósitos fenólicos da lignina

origina ácidos (vanílico, siríngico e 4-hidroxicinâmico), aldeídos (conifenil aldeído, vanilina, siringaldeído e 4-hidroxibenzaldeído), fenóis (catecol, eugenol, hidroquinina, álcool conifenol e isoeugenol), diesel, fibra de carbono, vanilina e BTX.

Além das rotas termoquímicas, os diferentes processos químicos, biológicos, físicos ou catalíticos podem ser empregados de forma isolada ou combinada, a depender da estrutura lignocelulósica e do objetivo do processo. Por exemplo, as madeiras coníferas são estruturalmente mais fortes, largas, densas, com maior teor de lignina e menor de hemicelulose do que as folhosas, logo exigem um processo mais agressivo e efetivo para a separação da lignina/açúcares em suas estruturas.

A heterogeneidade estrutural das madeiras folhosas e coníferas influencia, portanto, a escolha da tecnologia de transformação, a condição operacional (temperatura, pressão, tempo de residência, carga de sólidos, reatividade e quantidade de insumos e reagentes), os subprodutos e os efluentes gerados, a eficiência energética, a economia da planta e o tipo e o rendimento do produto final.

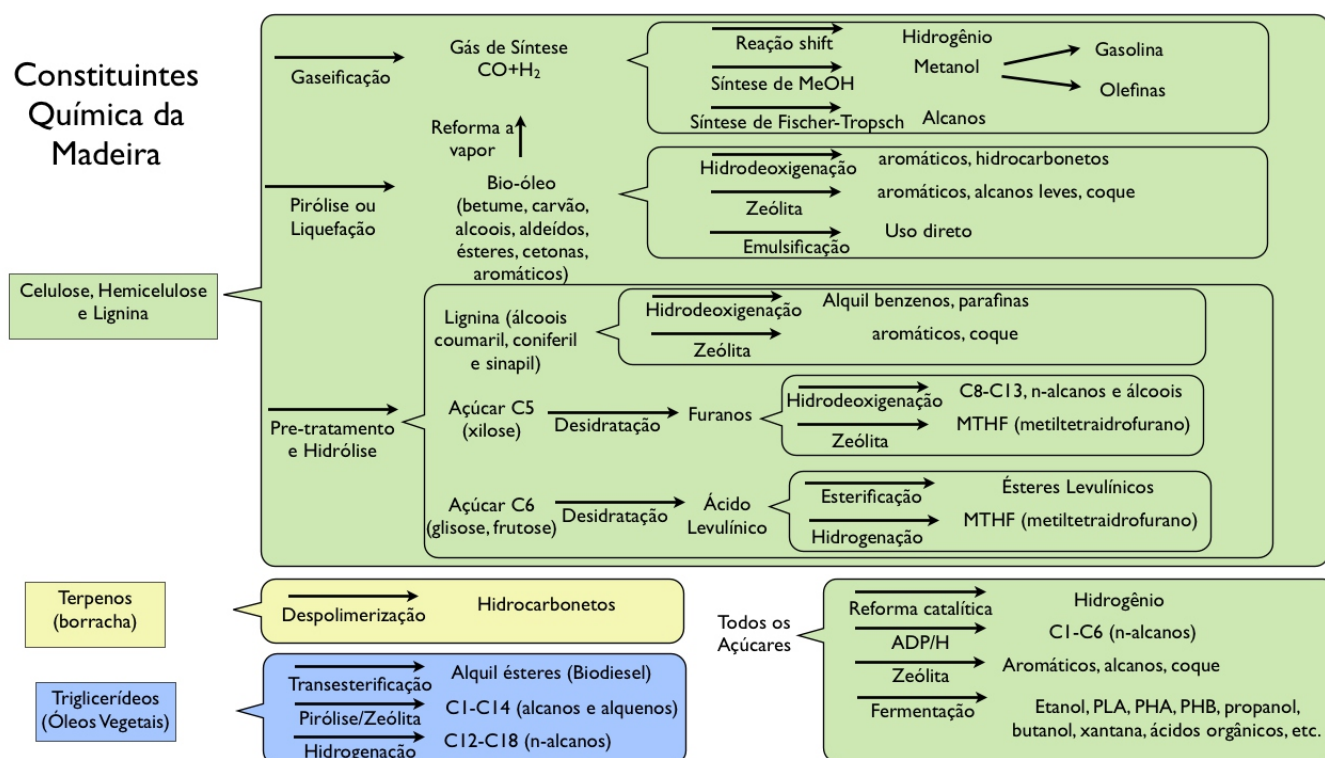


Figura 3 - Rotas para a produção de combustíveis e químicos a partir das biomassas

Efeito dos Pré-Tratamentos na Fração Lignocelulósica		Físico	Ácido Diluído	Alcalino	Explosão a Vapor	Água Líquida Aquecida	Oxidativos	Organosolv	AFEX	SPORL	Líquido Iônico	Biológico
Celulose	Solubilização	NA	≈	≈	≈	↓	↓	↓	↓	↓	↑	≈
	Reduz grau de polimerização	↑	≈	≈	≈	≈	≈	≈	↓	≈	↓	≈
	Reduz a cristalinidade	↑	≈	↑	≈	≈	↑	↑	≈	NA	↑	NA
	Aumenta superfície de contato	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	≈
	Reduz tamanho das partículas	↑	NA	NA	↑	NA	NA	↑	≈	↑	NA	↑
	Degradação	NA	≈	≈	↓	≈	↓	≈	↓	↓	↓	↓
Hemicelulose	Solubilização	NA	↑	≈	↑	↑	≈	≈	↓	≈	↑	≈
	Degradação	NA	↑	≈	≈	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Lignina	Solubilização	NA	≈	↑	≈	↓	↑	↑	↓	≈	↑	≈
	Redistribuição	NA	↑	↓	↑	≈	↓	↓	↓	↓	↓	↓
	Mudança estrutural	NA	≈	↑	↑	≈	NA	NA	↑	↑	NA	NA
	Degradação	NA	↑	↑	↓	↓	↑	↑	↑	≈	↓	NA

↑ Intensa ↓ Insignificante ≈ Parcial ND Não Disponível NA Não Aplicável

Figura 4 - Resumo das modificações das estruturas lignocelulósicas por processo

Fonte: Reproduzido de Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, vol. 2, Peter R. Seidl, Adriana K. Goulart, Pretreatment processes for lignocellulosic biomass conversion to biofuels and bioproducts, p. 48-53, 2016, Copyright (2017), com permissão da Elsevier.

Pela Figura 4 identifica-se que os processos atuam preferencialmente:

- Aumentando a área superficial ou reduzindo a cristalinidade e o grau de polimerização das celulosas (Organosolv e Alcalino);
- Modificando quimicamente ou redistribuindo a lignina sobre a superfície da fibra vegetal (Explosão a Vapor);
- Reduzindo o tamanho e a porosidade das fibras (Físico, SPORL, Organosolv, Explosão a Vapor);
- Removendo totalmente ou parcialmente a lignina (Alcalino, Oxidativo e Organosolv), a celulose (Líquido Iônico) e a hemicelulose (Ácido Diluído, Explosão a Vapor ou Água Líquida Aquecida);
- Quebrando as ligações químicas (AFEX).

Processos para a redução de custos e danos ambientais

O setor de celulose e papel é o terceiro maior consumidor de água doce (80-150m³/t de papel) e, em consequência, gera um volume considerável de efluentes líquidos contendo vários produtos químicos (tióis, dióxido de enxofre, sulfeto, bissulfito, sulfuretos, ácido clorídrico, fibras e resinas), agentes

branqueadores (peróxido de hidrogênio, cloro elementar ou dióxido de cloro) e agentes alcalinos (caulim, carbonato de cálcio ou sódio ou soda cáustica).

Os sistemas de cozimento em super batelada, os processos de esmagamento e desintegração à disco da fibra, a polpação com deslocamento rápido de calor e os digestores horizontais contínuos são alternativas que auxiliam o menor consumo de vapor, energia e material. Em sequência, sistemas de lavagem à vácuo ou de correia, prensas de rolo duplo ou filtros prensa podem ser utilizados para separar as fibras da polpa do licor negro com baixa perda material, máxima eficiência e baixo fator de diluição. O reuso do condensado produzido pelo condicionamento da matéria-prima e das águas de lavagem são fatores adicionais que contribuem para uma maior economia hídrica.

Resíduos das fibras de celulose, de hemicelulose e de lignina e alguns ácidos orgânicos derivados são sólidos em suspensão gerados na etapa de polpação Kraft da celulose. Tais compostos absorvem resinas, ácidos graxos e metais pesados, gerando efeitos de bioacumulação a longo prazo no meio ambiente. Já as elevadas concentrações de BOD/COD no efluente industrial ocasionam a depleção de oxigênio no meio.

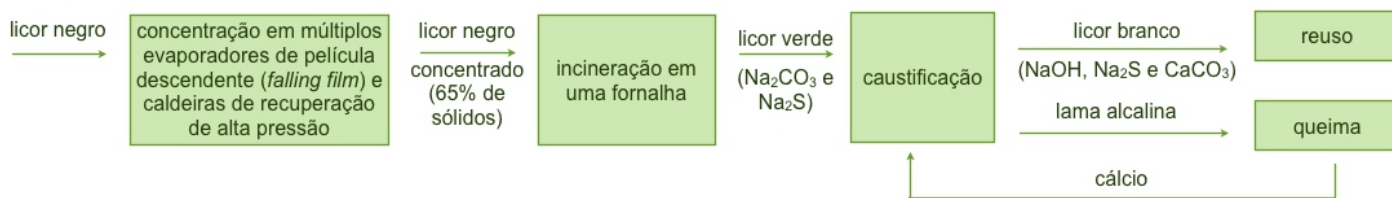


Figura 5 - Sistema de tratamento dos efluentes

É possível minimizar a poluição causada pelos resíduos orgânicos e aromáticos da lignina com a implantação do sistema de tratamento de efluentes descrito na Figura 5.

As características das águas residuais são mais influenciadas pelas operações de branqueamento da polpa, por ser a etapa de maior consumo hídrico e por empregar, na maioria das vezes, oxidantes à base de cloro ou hipoclorito. Como resultado, o processo produz cerca de 90% do total de subprodutos organoclorados da planta, os quais possuem elevada toxicidade, tais como: derivados clorados de fenóis, ácidos, dibenzo-p-dioxinas e furanos, entre outros compostos neutros. Além destes, podem ser formados os seguintes compostos carcinogênicos: clorofórmio e tetracloreto de carbono e, em menor quantidade, benzenos clorados, ácido epóxi-esteárico, cloro acetonas e diclorometano.

A combinação de oxigênio e álcalis, seguido pelo branqueamento com dióxido de cloro e ozônio, é capaz de branquear com mais facilidade a polpa, gerar menos poluentes e usar menos água de lavagem do que o processo tradicional com cloro elementar. Outra proposta refere-se ao uso de catalisadores (por exemplo, os de ferro ou TAML™ - TetraAmido-Macroclíclico ligante), para potencializar a ação do peróxido de hidrogênio sobre o clareamento do papel e remover seletivamente a lignina em condições mais amenas de processamento (pH neutro a básico e temperatura na faixa de 0-90°C) e mais seguras, por serem livres da adição e formação de compostos clorados. Também existem tecnologias para isolar uma lignina cada vez mais pura e, conseqüentemente, com maior valor de mercado, como o processo Organosolv mencionado na Figura 4. Já nos fornos de combustão são formados metanol, acetona, CO, CO², SO², NOx e compostos de enxofre reduzido total (TRS), tais como: sulfato de

hidrogênio (H²S), metil-mercaptana (CH³SH) ou sulfureto de dimetila (CH³)₂S. Como possuem forte odor, tais gases são carregados para um precipitador eletrostático (ESP) - para recuperar parte do sulfeto de sódio usado no cozimento-, e seguem para a incineração. Purificadores cáusticos devem ser instalados na saída destes equipamentos para reter o SO² formado.

Por fim, os avanços da P&D dos processos enzimáticos/microbiológicos são promissores para as indústrias de base florestal em vista de uma série de vantagens, tais como:

- A substituição dos químicos oxidantes por enzimas, tais como a combinação de ligninases com as xilanases produzidas por espécies *Trichoderma*, *Bjerkandera sp.*, *Phlebia radiata*, *Paenibacillus sp.* e *Lentinus tigrinus*, para degradar a hemicelulose e aumentar a liberação de lignina na etapa de biobranqueamento;
- A queda do número *kappa* (maior deslignificação), usando peroxidases, lacases ou fungos do gênero *Basidiomycotina* da degradação branca (*White-rot fungi*). A lignina e seus compostos fenólicos conferem cor, toxicidade e alta demanda biológica e química de oxigênio ao efluente gerado. Tais compostos são removidos facilmente após a oxidação pelas enzimas (que são biodegradáveis e atóxicas), evitando o uso de coagulantes e aditivos de origem fóssil neste tratamento;
- O aproveitamento máximo da madeira, por meio do fracionamento seletivo e com alto rendimento em celulose, hemicelulose e lignina, usando menos etapas (lavagem, neutralização e destoxificação, principalmente), condições operacionais brandas e baixo consumo material, hídrico e energético;
- A hidrólise e fermentação direta, simultânea e

em um único reator das biomassas lignocelulósicas em produtos diversos (principalmente biopolímeros e biocombustíveis para veículos e para a aviação), por enzimas geradas *in situ* pelos microorganismos geneticamente modificados;

- A produção de um papel (virgem ou reciclável) com melhor qualidade, devido:

- à menor ocorrência de defeitos, pontos ou furos causados pelo depósito de resinas, entre outros materiais não-fibrosos (*Pitch* e *Stickie*) da estrutura lignocelulósica. A conversão destes contaminantes em compostos tratáveis também reduz custos com a manutenção e a operação dos equipamentos, bem como a queda da produção pelo tempo de inatividade com a limpeza de feltros, rolos e telas;

- ao aumento do controle da viscosidade da pasta de celulose, bem como da resistência à abrasão, da força, do coeficiente de atrito e da susceptibilidade à absorção da tinta pela superfície de impressão do papel;

- à produção de um papel reciclado com maior qualidade (mais brilho e menos resíduos de tinta). Isto se deve à substituição de insumos químicos removedores da tinta de impressão no processamento dos papéis usados e ao menor emprego do vapor durante a secagem.

Melhoramento Genético Florestal

Historicamente no Brasil, a introdução do melhoramento genético de florestas plantadas por técnicas de melhoramento tradicional eram direcionados, basicamente, à indústria de papel e celulose. Os maiores esforços concentravam-se no aumento da produção baseado no incremento de volume e densidade da madeira. Atualmente, busca-se também a otimização dos processos industriais, por meio do cultivo de materiais genéticos com características físico-químicas específicas e ideais para seu fim. Dessa forma, o foco do melhoramento nas empresas de celulose e papel passou a incluir o aumento da qualidade da madeira, visando o aumento da produção de celulose por hectare. O melhoramento genético propiciou reduções significativas do consumo

específico de madeira (CEM - quantidade de madeira em metros cúbicos necessária para produzir uma tonelada de celulose) e economia ao longo de toda a cadeia de produção.

Os avanços incluem a morfologia e o crescimento padronizados para facilitar a colheita mecânica e o transporte, o menor consumo energético com a etapa de fracionamento mecânico da madeira em lascas, a adequação da estrutura lignocelulósica ao ataque químico dos processos de polpação Kraft, entre outras tecnologias recentes de pré-tratamento, incluindo maior acessibilidade das enzimas em processos de sacarificação e a menor geração de efluentes. A elevação do potencial energético das biomassas florestais aliado à menor recalcitrância de suas estruturas tem favorecido a aquisição de rendimentos de carboidratos e de produtividade cada vez mais próximos aos necessários para viabilizar economicamente a conversão das biomassas florestais em produtos químicos de alto valor agregado.

A expansão da indústria florestal, em adição aos proventos das culturas agrícolas e de biocombustíveis, promoveu o estabelecimento de plantios comerciais em regiões com condições climáticas desfavoráveis, como o norte de Minas Gerais e o sertão da Bahia, em que a restrição hídrica e temperaturas elevadas são constantes. O crescimento de eucalipto nessas regiões foi viabilizado pela seleção de materiais genéticos tolerantes, reduzindo sensivelmente as perdas econômicas e o impacto com os resíduos gerados pelo processo de produção de papel e celulose. Ademais, o melhoramento genético resultou em genótipos resistentes à doenças e herbivoria, reduzindo gastos e a poluição ambiental causados por pesticidas.

As técnicas de engenharia genética são muito úteis na identificação de genes e processos que confirmam os benefícios do melhoramento genético tradicional. A genômica direta utiliza-se dos variados fenótipos já existentes na natureza (por exemplo, alta tolerância à seca) para a identificação das causas dessas variações. Já a reversa opera por meio da geração de fenótipos desejáveis (por exemplo, baixo teor de lignina) à partir

da manipulação gênica. Assim, a introdução de genes que conferem características inalcançáveis por meio dos processos de recombinação natural podem modificar radicalmente a forma como as florestas são plantadas, bem como dos seus processos e produtos químicos derivados. Apesar dos progressos consideráveis da aplicação dessas técnicas em eucalipto, ainda existem muitos desafios para a implantação de melhorias de alto impacto econômico.

O gênero *Eucalyptus* apresenta enorme variação fenotípica e genotípica, sendo este um fator preponderante para a incorporação de alelos de grande valor em materiais híbridos. Em combinação com as tecnologias emergentes de melhoramento, as amplas variações naturais em eucalipto permitem a conversão do conhecimento da genética dessa espécie em ferramentas aplicáveis à seleção de genótipos superiores. O genoma da espécie *E. grandis* já está completamente sequenciado e disponível em bancos de dados, possibilitando a execução de metodologias antes difíceis de serem aplicadas.

O uso da propagação clonal, em detrimento do cultivo seminal (por sementes), possibilita a manutenção e a perpetuação das características genéticas adquiridas por meio do melhoramento. Em uma floresta clonal, as árvores apresentam genoma idêntico, resultando em fenótipos com baixa variabilidade, garantindo que o produto final apresente as características esperadas para aquele clone, naquele local. Isso representa uma enorme proporção das florestas comerciais de *Eucalyptus* no Brasil e corrobora para os avanços do melhoramento genético neste gênero.

Bibliografia

APIOLAZA, L. A.; RAYMOND, C. A.; YEO, B. J. Genetic variation of physical and chemical wood properties of *Eucalyptus globulus*. *Silvae Genetica*, v. 54, n. 4-5, p. 160-165, 2005.
CNI. Florestas e indústria: agenda de desenvolvimento. Confederação Nacional da Indústria. Brasília. 2016. Disponível em: APIOLAZA, L. A.; RAYMOND, C. A.; YEO, B. J. Genetic variation of physical and chemical wood properties of *Eucalyptus globulus*. *Silvae Genetica*, v. 54, n. 4-5, p. 160-165, 2005.
CNI. Florestas e indústria: agenda de desenvolvimento. Confederação Nacional da Indústria. Brasília. 2016. Disponível em: <[conteudo_18/2016/07/19/11466/florestas_e_industria_web_20160919.pdf> Acesso em jan. 2017.](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/</p>
</div>
<div data-bbox=)

DE ASSIS, T. F.; REZENDE, G. D. S. P.; AGUIAR, A. M. Current status of breeding and deployment for clonal forestry with tropical eucalypt hybrids in Brazil. *International Forestry Review*, v. 7, p. 61, 2005.

GOULART, Adriana Karla. **Análise das Tecnologias de Pré-Tratamentos das Biomassas Lignocelulósicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos. Rio de Janeiro. p. 1-148, 2015.

GRATTAPAGLIA, Dario; KIRST, Matias. Eucalyptus applied genomics: from gene sequences to breeding tools. *New Phytologist*, v. 179, n. 4, p. 911-929, 2008.

HENERY, Martin L. et al. Identification of quantitative trait loci influencing foliar concentrations of terpenes and formylated phloroglucinol compounds in *Eucalyptus nitens*. *New phytologist*, v. 176, n. 1, p. 82-95, 2007.

HJÄLTÉN, Joakim; AXELSSON, E. Petter. GM trees with increased resistance to herbivores: trait efficiency and their potential to promote tree growth. *Frontiers in plant science*, v. 6, 2015.

HUBER, George W.; IBORRA, Sara; CORMA, Avelino. Synthesis of transportation fuels from biomass: chemistry, catalysts, and engineering. *Chemical reviews*, v. 106, n. 9, p.4044-4098, 2006.

IbÁ. Relatório Anual 2016. **Indústria Brasileira de Árvores**. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf> Acesso em jan. 2017.

MYBURG, Alexander A. et al. The genome of *Eucalyptus grandis*. *Nature*, v. 510, n. 7505, p. 356-362, 2014.

NEHRA, Narender S. et al. Invited review: forest biotechnology: innovative methods, emerging opportunities. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant*, v. 41, n. 6, p. 701-717, 2005.

PSA. **A report on opportunities for green chemistry initiatives: Pulp and Paper Industry**. Office of the Principal Scientific Adviser to the GOI. Vigyan Bhawan Annexe, NEW DELHI. 2014. Disponível em: <http://psa.gov.in/sites/default/files/Pulp_Paper_Final.pdf> Acesso em jan. 2017.

SNIF. BOLETIM SNIF 2016. **Sistema Nacional de Informações Florestais**. <http://www.florestal.gov.br/snif/images/stories/ProducaoFlorestal/Boletim/boletim_snif_producao%20florestal_ed2.pdf> Acesso em jan. 2017.

SILVA, C. A. F.; Bueno, J. M., Neves, M. R.. **A indústria de celulose e papel no Brasil**. Guia ABTCP Fornecedores & Fabricantes: Celulose e papel 2016|2017. Disponível em: <http://www.poyry.com.br/sites/www.poyry.com.br/files/media/related_material/16out27a-abtcp.pdf>. Acesso jan.17.

SEIDL, Peter R.; GOULART, Adriana K. Pretreatment processes for lignocellulosic biomass conversion to biofuels and bioproducts. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, v. 2, p. 48-53, 2016.

SOMESHWAR, Arm V.; PINKERTON, John E. **Wood processing industry**. Air and Waste Management Association, New York (1992), pp. 835-849, 1992.

QUÍMICA VERDE

Eventos

Encontro Colaborativo e a Formação de Redes para Implementar a Química Verde no Currículo Escolar de Nível Médio

Marciniak, A. A.¹; Nascimento, R. C.¹; Gomes, L. C. A.²; Schoene, F. A. P.³; Seidl, P. R.¹

¹EQ-UFRJ, ²Colégio Pedro II e ³Instituto Superior de Educação do Rio de Janeiro

Em Belém no Pará (2016), realizou-se um *Workshop* organizado pela ACS *Global Innovation Imperatives* e pela EBQV com o tema: “*Green Chemistry Experiments for Remote Locations*”. O evento reuniu professores de Química e especialistas em educação de Química Verde (QV) do Brasil, EUA e Reino Unido para discutir a inserção da QV no currículo e para trocar experiências por meio de palestras e uma mesa redonda. Identificou-se que, embora o trabalho experimental seja essencial para o ensino de Química, na maioria das escolas brasileiras, os laboratórios estão fechando devido aos custos crescentes e à ausência de instalações apropriadas. Assim, criou-se um grupo em uma rede social para que professores de Química do ensino médio do estado do Rio de Janeiro pudessem discutir sobre a estrutura curricular e o resgate de práticas experimentais que incorporem atividades relevantes para os contextos locais e o aprendizado dos estudantes sobre a Química Verde.

Por meio da rede, os integrantes do grupo receberam um questionário eletrônico a fim de identificar problemas relacionados às aulas práticas e às estruturas dos laboratórios nas escolas, bem como o grau de conhecimento sobre os conceitos de Química Verde. A falta de aulas práticas foi apontada por 90% dos professores fluminenses do ensino médio. Desse total, 33% não possuem laboratórios em suas escolas, enquanto os demais apontam que faltam insumos para realizar os experimentos. A falta de conhecimento/treinamento sobre os conceitos de Química Verde e de práticas que tratam das questões ambientais na Química básica foi indicada por 29%.

Em seguida, um novo encontro sob o tema “Química verde e o currículo escolar” foi promovido em 2017 para os integrantes do grupo. O intuito era apresentar os conceitos de Química Verde, palestras sobre biorrefinarias e segurança química, além de experimentos simples, de baixo custo, com recursos de fácil acesso e que fossem capazes de engajar alunos do ensino médio, sem a necessidade de laboratórios. Para finalizar, formou-se uma mesa redonda para que professores propusessem formas de inserir a teoria e experimentos viáveis em Química Verde na grade escolar do ensino médio (Figuras 1A e 1B).

Nesta etapa, os professores citaram: a importância da constante conscientização dos estudantes sobre a questão ambiental; a diminuição do consumo de água nas aulas práticas; a realização de seminários e visitas com os alunos em instituições de pesquisa que trabalham com o tema; e a utilização de microanálises ao invés de macroanálises, objetivando a redução de custos, recursos e rejeitos nos experimentos.

Após o evento, um questionário foi enviado aos participantes para avaliar as críticas e os conhecimentos



FOTO: Aryane Marciniak

Figura 1 - A) Debate em grupo dos professores; B) Exposição das experiências quanto ao uso dos conceitos de Química Verde em suas práticas docentes



FOTO: Frederico Schoene

Figura 2 - Professores participantes do encontro abordando o tema “Química Verde” realizado no primeiro semestre de 2017 pela EBQV.

adquiridos no evento (FIGURA 2).

Por meio do grupo formado na rede social, mantém-se a troca de experiências e materiais, bem como as discussões sobre os desafios e as soluções encontrados para inserir os conceitos de Química Verde no currículo escolar. O sucesso das atividades didáticas tratadas nos encontros e na rede social ficaram evidentes com o acréscimo de conhecimento pedagógico e a disseminação do tema no Ensino de Química praticado pelos professores participantes, assim como o resgate das práticas experimentais

que são cruciais para a formação do aluno. Ademais, é notória a procura contínua por cursos didáticos e materiais de apoio com ênfase em Química Verde. Os integrantes, inclusive, relataram que há poucas informações e metodologias em Química Verde atualizadas e disponíveis na literatura aplicadas ao nível médio de ensino. Por este motivo, é imprescindível a oferta contínua de encontros e trocas de experiências que ampliem o conhecimento e a formação dos educadores do ensino médio.

Leia na próxima edição:

- **O futuro das biorrefinarias por Luiz André Schlittler.**
- **A Química e o futuro do Brasil por Luiz Eduardo Duque Dutra.**
- **Cobertura completa do VII Encontro da Escola Brasileira de Química Verde.**

Expediente

O Caderno de Química Verde é uma publicação da Escola Brasileira de Química Verde. Tem por objetivo divulgar fatos, entrevistas, notícias ligadas ao setor.

Editor Responsável:
Peter Rudolf Seidl.

Conselho de Redação:

Adriana Karla Goulart, Ana Karolina Muniz Figueiredo, Julio Carlos Afonso, Roberio Fernandes Alves de Oliveira.

Consultor Senior:

Celso Augusto Caldas Fernandes.

Diagramação e arte:

Adriana dos Santos Lopes.

Contato:

quimicaverde@eq.ufrj.br

É permitida a reprodução de matérias desde que citada a fonte.

Os textos assinados são de responsabilidade de seus autores.