

Relatório da sessão “Energias alternativas e potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil”

Ricardo Rüther¹

1. Introdução

A energia é um dos principais pilares de sustentação do padrão de vida das sociedades industriais. Na medida em que a população mundial cresce e os cidadãos almejam uma maior qualidade de vida, as quantidades de energia necessárias à manutenção dos serviços associados a estes padrões de consumo tendem a crescer. A disponibilidade de recursos não renováveis, em particular dos combustíveis líquidos, tende ao esgotamento, ao mesmo tempo em que aspectos ambientais questionam o uso crescente destes insumos.

Neste contexto, a utilização de agrocombustíveis ou biocombustíveis tem sido apresentada como solução que pode atender, ao menos no futuro próximo, tanto aos aspectos relacionados à depleção quanto das emissões relacionadas aos combustíveis fósseis. No entanto, as projeções de crescimento do consumo de combustíveis líquidos para a propulsão veicular evidenciam que a solução dos agrocombustíveis deve ser considerada como excelente tecnologia de transição, adequada somente para um curto período da história da humanidade, e que uma mudança de paradigma se faz necessária para que os padrões de utilização ora em voga se possam manter.

Esta sessão temática apresentou a matriz energética brasileira e mundial, os agrocombustíveis para a propulsão veicular e aeronáutica e a geração solar fotovoltaica e suas implicações na geração de energia elétrica para atender edificações e também para a propulsão de veículos elétricos

¹ Professor do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

em um futuro próximo. Estas tecnologias têm recebido investimentos consideráveis em pesquisa e desenvolvimento que devem se intensificar ao longo dos próximos anos e o desafio passa a ser então a redução de custos, associada à produção em massa. Ambas as tecnologias demonstraram sua viabilidade técnica e têm potencial de competitividade econômica com as tecnologias tradicionais se produzidas em grande escala.

Em termos de manancial, a resposta definitiva para os problemas energéticos da humanidade nasce todas as manhãs e para todos: em menos de uma hora incide sobre nosso planeta mais energia proveniente do Sol do que todo o consumo anual de energia de toda a humanidade. A produção de agrocombustíveis é uma das formas atuais de aproveitamento deste gigantesco manancial e a geração de eletricidade solar se apresenta como uma das formas mais elegantes e promissoras de produção de energia elétrica em larga escala no futuro próximo. Nesta sessão, foram apresentados os vários aspectos relacionados ao uso destas fontes alternativas e benignas em grande escala.

A sessão teve início às 17h05 com uma audiência superior à capacidade de lugares sentados da sala (100 lugares), indicando que o tema despertou um interesse maior do que o previsto pela organização do evento. Antes do início da sessão, o coordenador, professor Luiz Augusto Barbosa Cortez, solicitou aos demais membros da mesa sugestões de encaminhamento e ficou decidido que a ordem das apresentações seria alterada. Por representar o Ministério de Minas e Energia (MME), que coordena ações estratégicas e de planejamento no âmbito de todas as fontes renováveis de energia, a primeira apresentação ficou ao cargo do Secretário de Planejamento do MME, Sr. Altino Ventura, falando sobre a política energética brasileira; em seguida, falou o professor Cortez, discursando sobre o tema etanol no Brasil; o terceiro palestrante foi o Sr. Walter Bartels, com o tema biocombustíveis alternativos, e a última apresentação foi feita pelo professor Rütther, que abordou o tema energia solar fotovoltaica e veículos elétricos.

Com a sala completamente lotada, a sessão foi conduzida com as quatro apresentações feitas em sequência ininterrupta e, ao final, a sessão foi aberta para questionamentos do público participante e recomendações. Pode-se dizer que a sessão foi um grande sucesso, pois a plateia participou ativamente com muitos questionamentos e, por falta de tempo, ao final da sessão, os questionamentos tiveram que ser dirigidos aos palestrantes de maneira individual.

Percebe-se que o tema energias renováveis ou alternativas passa a despertar um interesse cada vez maior do público em geral, pois o nível de informação que chega à população com relação aos impactos ambientais das fontes convencionais de energia vem levando a uma conscientização crescente de todos. Os questionamentos acerca da sustentabilidade *versus* viabilidade econômica do modelo atual e das projeções futuras para as fontes renováveis e alternativas passam a fazer parte das discussões em diversos níveis, e o público busca informação fidedig-

na em fontes com a envergadura e reputação da 4ª CNCTI. A seguir é apresentada uma síntese das quatro palestras desta sessão temática e, ao final deste relatório, são comentados alguns dos questionamentos apresentados pelo público participante.

2. Altino Ventura (MME) – A política energética brasileira e as fontes energéticas alternativas e renováveis

O Sr. Ventura iniciou a palestra, apresentando uma contextualização e a composição das matrizes energéticas mundial e nacional, passando em seguida a falar da expansão da economia e do setor energético nacional e concluindo com a apresentação das políticas energéticas e da evolução da matriz energética brasileira. As matrizes mundial e brasileira são fundamentalmente distintas em sua composição, sendo a composição brasileira uma “matriz energeticamente civilizada”, dado o seu grande conteúdo renovável, devido principalmente à forte contribuição da hidroeletricidade. O palestrante mencionou repetidas vezes o Plano Nacional de Energia (PNE 2030), que prevê o desenvolvimento das diversas formas de energia no Brasil no horizonte de 2030, afirmando que as políticas de incentivo apontam tendências e não imposições do governo à sociedade, portanto, são passíveis de alteração ao longo dos anos. O Brasil quer atender às suas necessidades com energia nacional e ser um exportador de energia com grande ênfase no uso das energias renováveis, afirmou o palestrante. O MME quer diferenciar a matriz e não pretende que esta seja uma matriz definitiva. Um aspecto fundamental de qualquer política de incentivo apoiada pelo MME, no entanto, é a modicidade tarifária, princípio que leva o ministério a ter por missão incentivar as fontes de menor custo de geração possível e, conseqüentemente, que resultem na menor tarifa possível ao consumidor final.

A aplicação indistinta deste conceito de modicidade tarifária, que por natureza é muito dinâmico, no sentido de que não se pode garantir que a fonte de geração de menor custo no presente venha a se manter como a de mais baixo custo no médio e longo prazo, pode por vezes inibir iniciativas de desenvolvimento de fontes com grande potencial, razão pela qual o planejamento energético deve atentar sempre para os potenciais de redução de custos em função de economias de escala das diversas alternativas energéticas.

As características regionais de disponibilidade por fonte são um fator importante e deve ser respeitadas. O esgotamento do potencial hidráulico deve abrir grandes perspectivas, inicialmente, para uma aceleração do programa térmico e, em seguida, para fontes alternativas, como a eólica, que começa a ocupar espaço na matriz nacional. A fonte solar foi muito brevemente mencionada pelo palestrante, informando ao público que as tecnologias de aquecimento solar já são largamente utilizadas e vêm crescendo em aplicação a cada ano e que, na

área da energia solar fotovoltaica, programas pilotos serão apoiados pelo ministério. Adicionalmente, o palestrante declarou que é preciso mencionar e reconhecer o grande potencial de programas de eficiência energética.

Ao final da sessão, ficou evidente que planejar e projetar para 2030 o horizonte de matriz energética de um país como o Brasil, com a abundância de alternativas energéticas disponíveis, é tarefa complexa e carregada de grande incerteza. Se por um lado parece tímida a participação das fontes renováveis e alternativas de energia no planejamento oficial, percebe-se que existe abertura para correções de rumo na medida em que uma ou outra fonte demonstre sua viabilidade econômica. O desenvolvimento científico e o tecnológico, associados à inovação e à redução de custos, definirão os rumos e a composição da matriz energética brasileira nos próximos anos.

3. Luiz Augusto Barbosa Cortez (Unicamp) – Energias alternativas: o etanol de cana-de-açúcar no Brasil

O professor Cortez deu início à sua palestra, mencionando os motivos do sucesso do programa de etanol no Brasil e, em função da palestra anterior, declarou avaliar como tímido o Plano Nacional de Energia (PNE 2030), no que se refere ao uso da biomassa/produção de etanol. O palestrante informou que se estabeleceu no Brasil uma relação dinâmica entre a pesquisa e a produção, principalmente após 1975, com o envolvimento do governo e do setor privado em função das altas nos preços do petróleo. Dentre as alternativas para a produção de etanol, a cana-de-açúcar se revelou como uma excelente cultura energética, sendo assim criado o modelo brasileiro que combina a produção eficiente de açúcar e etanol. Acerca da questão do dilema competição entre produção de alimentos e produção do energético etanol, o palestrante informou que o Brasil aumentou a produção de etanol ao mesmo tempo em que aumentou a produção de açúcar. Após discorrer sobre as fases do programa de etanol no Brasil, com a primeira fase do Pró-Álcool, em 1975 (mistura obrigatória na gasolina e subsídios diretos na produção), a segunda fase no período 1978-1979 (incentivos fiscais e isenções de impostos para a produção do combustível e dos automóveis movidos 100% a álcool) e a crise do etanol no final dos anos 1980, o professor Cortez exaltou os esforços dos setores envolvidos na viabilização da tecnologia automotora dos veículos chamados *flex fuel* a partir do ano 2003.

Na sequência de sua apresentação, destacou a ocupação de áreas agriculturáveis para a produção de energia, informando que a cana para a produção de etanol ocupa 0,5% da área total do país. Em seguida, o palestrante discorreu sobre a expansão da produção de etanol, avaliando questões como: Que quantidade de etanol sustentável o Brasil pode produzir? Quais são os limites de ocupação sem que se toque na Amazônia e outros santuários ecológicos? Qual pode ser a

contribuição do etanol de cana para a diminuição das emissões dos gases de efeito estufa? Quais pesquisas devemos fazer para reduzir os custos e melhorar os indicadores de sustentabilidade?

A seguir, o professor Cortez apresentou um projeto coordenado pela Unicamp, cujos objetivos específicos estão relacionados ao desenvolvimento da pesquisa em etanol de cana-de-açúcar, como segue:

- OE1: Tecnologia atual e melhoramentos possíveis;
- OE2: Identificação de novas tecnologias;
- OE3: Seleção de áreas adequadas para a produção de cana-de-açúcar no Brasil;
- OE4: Infraestrutura existente e necessidade de melhoria e expansão;
- OE5: Identificação de impactos socioeconômicos;
- OE6: Construção de cenários de impactos socioeconômicos na produção de etanol;
- OE7: Identificação de impactos ambientais associados à produção de etanol de cana-de-açúcar;
- OE8: Legislação e políticas públicas em diversos países produtores e consumidores.

A proposta enfoca os desafios na substituição em todo o mundo de 5% da gasolina por etanol até o ano 2025, envolvendo plantio com e sem irrigação, quantidade e disponibilidade de água para este fim e evolução dos ganhos de produtividade esperados. Neste contexto, espera-se que a produtividade passe de 6.000 litros de etanol por hectare/ano, em 2005, para 8.200, em 2015, e 10.400, em 2025. A conclusão do estudo é que é possível produzir no Brasil o equivalente a 5% ou até 10% da gasolina consumida em todo o mundo até 2025. Entretanto, com maiores investimentos em CT&I isso pode ser conseguido com uma utilização muito menor de área e recursos, portanto, é importante que seja desenvolvida uma estratégia de longo prazo para a pesquisa e o desenvolvimento nesta área e que seja simultânea à expansão da produção de etanol no país. Para concentrar estes esforços, é sugerida a criação de um Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE).

Com relação aos estudos sobre a sustentabilidade do etanol, o palestrante apresentou o questionamento sobre qual pode ser um bom critério para esta estratégia, afirmando que a expansão da produção de etanol no Brasil deverá se dar basicamente em terras com pasto, portanto, é essencial a organização da ocupação das atividades agrícolas e o bioetanol de cana pode ajudar a otimizar o uso da terra no Brasil, reduzindo o pasto, mantendo a produção de carne e expandindo a produção de biocombustíveis.

O palestrante, em seguida, discursou sobre a produção combinada de alimentos e bioetanol – o modelo atual prioriza a produção de açúcar e etanol; florestas nativas e plantadas; frutas nas áreas com alta declividade e horticultura moderna com a utilização de estufas anexas às usinas para a produção de energia elétrica a partir da queima de bagaço. Adicionalmente, na palha da cana há um potencial de 80 Mton a ser recuperado, que pode imediatamente gerar energia elétrica, por isso se constitui como uma nova fronteira.

A mecanização e a colheita sem queima foram também apresentadas, tendo sido informado que atualmente 55% da colheita vêm sendo feitas sem queima. Por fim, foi apresentada a proposta do zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar no Brasil, onde limites territoriais são propostos para a expansão no cultivo da cana. Foi apresentada uma síntese das áreas aptas para a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no país, considerando as classes de aptidão agrícola e os tipos de uso da terra.

A conclusão da apresentação foi que o Brasil tem excelente oportunidade de manter a liderança na produção de etanol de cana-de-açúcar, focando nas exportações e criando novas oportunidades de emprego e diversificação na produção de energia. O governo brasileiro está totalmente comprometido com o esforço mundial de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa e as pesquisas em etanol de cana são parte dessa estratégia. As estratégias de pesquisa e desenvolvimento estão focadas em redução de custos e indicadores de sustentabilidade. O Brasil deve dar mais atenção a esta questão e, para tanto, deve criar um novo modelo agroindustrial para a cana inteira (integral), e um esforço adicional deve ser feito para produzir recursos humanos em todos os níveis.

4. Walter Bartels (Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil) – Inserção do Brasil nos biocombustíveis aeronáuticos

A aviação civil responde por cerca de 3,5% das emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo, com expectativa de dobrar esta contribuição até 2020. Neste contexto, a utilização de combustíveis alternativos, especialmente os biocombustíveis ou o bioquerosene de aviação, começa a despertar o interesse, com vários testes em andamento por todo o mundo. Uma característica importante nesta utilização é a compatibilidade com o querosene de aviação tradicional, uma vez que, pela natureza desta aplicação, este combustível deve ter as mesmas características em todo o mundo. Portanto, o bioquerosene de aviação deve ser desenvolvido com diversidade de biomassa, o que requer investimentos em capacitação de laboratórios e de recursos humanos.

O Sr. Bartels deu início à sua palestra com a apresentação da Associação das Indústrias Aeroespaciais do Brasil (AIAB), que é a entidade de classe nacional que congrega as empresas nacionais do setor aeroespacial brasileiro (aeronáutica, espaço e defesa). Fundada em 18 de março de 1993, com sede em São José dos Campos - SP, opera de forma similar às organizações congêneres de outros países. É membro do *International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations* (ICCAIA), juntamente com suas congêneres do Canadá, dos Estados Unidos, da Europa e do Japão. A apresentação foi centrada no tema aviação civil e meio ambiente, e o palestrante apresentou a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), que é uma agência especializada das Nações Unidas, criada em 1944, com 190 países membros, cujos principais objetivos são o estabelecimento dos princípios e técnicas de navegação aérea internacional e da organização do transporte aéreo, de modo a favorecer a segurança, a eficiência, a economia e o desenvolvimento dos serviços aéreos e, por força do acordo de Kyoto, das questões da aviação civil e meio ambiente.

A aviação civil é um sistema integrado e complexo, composto de serviços aéreos, fabricantes de aeronaves, provedores de serviços de controle de tráfego aéreo e aeroportos, todos com foco rigoroso na segurança oferecida aos seus usuários. Questões ambientais sempre estiveram no foco da OACI. Como parte do histórico e dos resultados alcançados pelas iniciativas de redução de emissões, foi apresentada a redução de consumo de combustível (consumo específico e consumo por assento) da aviação civil, que atingiu uma redução de 70% do final dos anos 1950 até o presente.

O palestrante destacou a necessidade de uma abordagem setorial para um problema global, indicando que a OACI é a responsável pela liderança na gestão das emissões da aviação. Existe um comprometimento da indústria da aviação civil mundial de melhoria média de 1,5% por ano em termos de eficiência energética até 2020, bem como uma obrigação de crescimento neutro de carbono a partir de 2020, com redução absoluta em 50% das emissões de CO₂, em 2050, em comparação aos níveis de 2005. Na sequência, o Sr. Bartels apresentou um *roadmap* da aviação civil para redução das emissões, com várias ações programadas na aviação civil internacional, relacionadas a testes com biocombustíveis. Com relação a ações brasileiras nesta área, foi relatado o Projeto de Lei nº 3.213/2009, do deputado Marcelo Ortiz, Presidente da Frente Parlamentar em Defesa da Indústria Aeronáutica Brasileira, que: “Dispõe sobre a criação do Programa Nacional do Bioquerosene como incentivo à sustentabilidade ambiental da aviação brasileira, e dá outras providências.”

Por fim, o Sr. Bartels apresentou as iniciativas brasileiras relacionadas a testes com o bioquerosene produzido a partir do pinhão manso e da cana-de-açúcar. As empresas TAM e AZUL programam para os próximos meses testes com 50% de bioquerosene em aeronaves Airbus A-320 e Embraer E-190. Na aviação agrícola, existem testes com a aeronave Ipanema utilizando bioetanol.

5. Ricardo Rütther (Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina – IDEAL) – O potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil e projetos vitrines: estádios solares e aeroportos solares

A palestra do professor Rütther apresentou uma das mais recentes e promissoras aplicações da tecnologia fotovoltaica: a integração de painéis solares ao entorno construído, de forma descentralizada e com interligação da instalação geradora à rede elétrica. Por meio do efeito fotovoltaico, células solares convertem diretamente a energia do Sol em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não poluente e renovável.

Uma característica fundamental de sistemas fotovoltaicos instalados no meio urbano é principalmente a possibilidade de interligação à rede elétrica pública, dispensando assim os bancos de baterias necessários em sistemas do tipo autônomo e os elevados custos de manutenção decorrentes.

Na configuração mais comum, estes sistemas são instalados de tal maneira que, quando o gerador solar fornece mais energia do que a necessária para o atendimento da instalação consumidora, o excesso é injetado na rede elétrica: a instalação consumidora acumula um crédito energético (o relógio contador típico é bidirecional e neste caso anda para trás). Por outro lado, quando o sistema solar gera menos energia do que a demandada pela instalação consumidora, o déficit é suprido pela rede elétrica. Perdas por transmissão e distribuição, comuns ao sistema tradicional de geração centralizada, são assim minimizados. Outra vantagem destes sistemas é o fato de representarem usinas descentralizadas que não ocupam área extra, pois estão integradas ao envelope das edificações urbanas.

O professor trouxe para o público uma grande quantidade de informações acerca do potencial e disponibilidade de radiação solar no Brasil e no mundo, mostrando que diariamente incide sobre a superfície da Terra mais energia vinda do Sol do que a demanda total de todos os habitantes de nosso planeta em todo um ano. Dentre as diversas aplicações da energia solar, a geração direta de eletricidade por meio do efeito fotovoltaico se apresenta como uma das mais elegantes formas de gerar potência elétrica.

Desde o surgimento das primeiras células solares fotovoltaicas, de elevado custo e utilizadas na geração de energia elétrica para os satélites que orbitam nosso planeta, as tecnologias de produção evoluíram a tal ponto que se tornou economicamente viável em muitos casos a sua utilização em aplicações terrestres e no fornecimento de energia elétrica em locais onde a rede elétrica

pública não foi estendida. Tais sistemas, ditos remotos ou autônomos, necessitam quase sempre de um meio de acumulação da energia gerada, normalmente um banco de baterias, para suprir a demanda em períodos em que a geração solar é insuficiente ou à noite. Mais recentemente, sistemas solares fotovoltaicos vêm sendo utilizados de forma interligada à rede elétrica pública, como usinas geradoras em paralelo às grandes centrais geradoras elétricas convencionais. Dessa forma, fica dispensado o sistema acumulador (baterias), seu elevado custo e manutenção envolvidos, já que a bateria da instalação solar fotovoltaica interligada à rede elétrica é a própria rede elétrica, como será visto em maior detalhe a seguir.

Instalações solares fotovoltaicas interligadas à rede elétrica pública podem apresentar duas configurações distintas: podem ser instaladas (i) de forma integrada a uma edificação (no telhado ou na fachada de um prédio e, portanto, junto ao ponto de consumo); ou (ii) de forma centralizada como em uma usina central geradora convencional, neste caso normalmente a certa distância do ponto de consumo. Neste último caso, existe, como na geração centralizada convencional, a necessidade dos complexos sistemas de transmissão e distribuição (T&D) tradicionais e dos custos envolvidos. A apresentação do professor Rütther se concentrou nos aspectos técnicos do primeiro tipo de configuração. Entre as vantagens deste tipo de instalação, pode-se destacar: (i) não requer área extra e pode, portanto, ser utilizada no meio urbano, próximo ao ponto de consumo, o que leva a (ii) eliminar perdas por T&D da energia elétrica como ocorre com usinas geradoras centralizadas, além de (iii) não requerer instalações de infraestrutura adicionais; os painéis fotovoltaicos podem ser também (iv) considerados como um material de revestimento arquitetônico (redução de custos), dando à edificação uma (v) aparência estética inovadora e *high tech*, além de trazer uma (vi) imagem ecológica associada ao projeto, já que produz energia limpa e de fonte virtualmente inesgotável.

Neste contexto, o professor Rütther apresentou os projetos vitrines Estádios Solares para a Copa do Mundo de 2014 e Aeroportos Solares, que têm por objetivo demonstrar a tecnologia solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e conectada à rede elétrica pública. A Copa do Mundo de Futebol de 2014, que será sediada pelo Brasil, é uma oportunidade inédita para divulgar a tecnologia solar, que tem previsão de redução de custos para atingir viabilidade econômica ao longo da presente década. Juntamente com a integração de geradores solares em aeroportos, este projeto objetiva trazer para o dia a dia do povo brasileiro esta tecnologia que deverá integrar a matriz energética nacional no futuro próximo.

Passando ao tema dos veículos elétricos, o professor Rütther comentou que, na avaliação da utilização de biocombustíveis para a propulsão de veículos automotores, as principais questões envolvem o uso de grandes extensões de terra, a sustentabilidade deste manejo e as relações de trabalho envolvidas, bem como a competição da produção de combustíveis X alimentos e suas consequências no preço destes produtos. Neste contexto, os veículos elétricos e a geração solar

de eletricidade se apresentam como alternativas importantes a serem consideradas, principalmente frente aos novos desenvolvimentos tecnológicos e às questões ambientais. A utilização de veículos elétricos e da energia solar fotovoltaica poderá vir a desempenhar papel importante no mundo e no Brasil no futuro próximo, tanto na redução da poluição associada à concentração da utilização de veículos em grandes centros urbanos quanto na sustentabilidade da produção e uso do insumo energia elétrica, o combustível desta alternativa.

Mais recentemente, as questões climáticas associadas ao aumento acentuado dos preços dos combustíveis fósseis e também dos biocombustíveis, bem como a necessidade de várias nações desenvolvidas de reduzir sua dependência de insumos importados, ressuscitaram o interesse pelos veículos elétricos, que se apresentam como uma alternativa promissora nas próximas décadas. Os veículos elétricos, apesar de apresentarem um maior custo inicial de investimento, levam a um menor custo por quilômetro rodado e também a um menor custo de manutenção. Outra característica importante dos veículos elétricos é a menor flutuação de preços do insumo energético, questão que deverá ser determinante em alguns mercados.

Apesar de apresentarem grandes vantagens em relação aos veículos dotados de motores a combustão interna, veículos elétricos que armazenam energia elétrica em baterias ou supercapacitores, ou até mesmo células a combustível, não podem ser apresentados como uma solução imediata na substituição de todos os veículos alimentados por combustíveis fósseis ou biocombustíveis. Existem questões relacionadas a algumas limitações atuais de infraestrutura e necessidades de desenvolvimento tecnológico que somente ocorrerão em um futuro próximo, se houver estímulo para sua adoção. A autonomia limita a utilização atual dos veículos elétricos puros a trajetos urbanos de algumas dezenas até poucas centenas de quilômetros. Esta limitação estimulou o aparecimento da tecnologia dos veículos elétricos *plug-in* híbridos. Por outro lado, grande parte dos veículos de passeio percorre trajetos diários que podem ser perfeitamente compatíveis com a autonomia dos veículos elétricos puros presentemente disponíveis no mercado internacional. A velocidade de recarga da bateria de um veículo elétrico puro também limita a sua utilização presente aos deslocamentos urbanos.

Se por um lado os veículos elétricos não apresentam emissões diretas de poluentes ou gases de qualquer natureza durante sua operação, a sua utilização implica uma maior demanda por geração de energia elétrica. A produção de combustíveis líquidos e de energia elétrica está em setores distintos da economia, com distintas eficiências e impactos ambientais, mas ambas contribuem com emissões de CO₂ para a atmosfera. As emissões relacionadas à produção de energia para os veículos elétricos são em qualquer caso menores do que as associadas aos veículos convencionais, mas a intensidade das emissões que deve ser atribuída aos veículos elétricos está diretamente relacionada à intensidade da tecnologia e infraestrutura de produção e distribuição de energia elétrica existente. Em uma economia em que a geração de eletricidade esteja sendo

atendida completamente por geração termelétrica a carvão mineral, o nível de emissões associado a um veículo elétrico, neste caso 200 g de CO₂ por km rodado, seria somente um pouco menor do que no caso de um veículo convencional, que emite cerca de 250 g de CO₂ por km rodado. Isso levanta a questão da necessidade de que a geração de energia elétrica seja feita também de modo sustentável e com baixas emissões para que toda a argumentação a favor dos veículos elétricos possa ser considerada uma alternativa viável.

A combinação da utilização de veículos elétricos e geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e conectada à rede elétrica pública pode ser considerada uma aplicação ótima de duas tecnologias que hoje se fazem possíveis graças a modernos conceitos e técnicas de tecnologia da informação (TI). A área necessária para a produção dos biocombustíveis é tema de muito debate e um aspecto frágil da argumentação a favor dos biocombustíveis como solução de substituição aos combustíveis fósseis. Pode-se demonstrar que a adoção do uso de biocombustíveis para a propulsão de veículos automotores em escala mundial apresenta sérios problemas de sustentabilidade e de disponibilidade de área. Neste aspecto, a utilização de veículos elétricos pode ser mais bem contextualizada ao se comparar a área requerida no plantio de cana em relação à mesma área quando coberta por geradores solares fotovoltaicos para a produção de energia elétrica. Um exemplo ilustrativo da relação entre a demanda por área plantada na produção de etanol e a disponibilidade de energia solar em nosso país. O cultivo de cana-de-açúcar em um hectare pode chegar a render no Brasil cerca de 5.500 litros de álcool por ano, levando o automóvel *flex* típico a poder rodar cerca de 44 mil km por hectare plantado por ano (admitindo um consumo médio de 8 km por litro). Se neste mesmo hectare for instalado um gerador solar fotovoltaico, é possível gerar de 1.300 kWh a mais de 1.500 MWh de energia elétrica anualmente, dependendo da região do país. Um veículo elétrico de tamanho médio com a tecnologia atual roda um pouco mais de 6 km por kWh de energia elétrica. Assim, um gerador solar fotovoltaico que ocupe uma área de um hectare pode gerar energia para levar um veículo elétrico médio a rodar de 8 a 9 milhões de km anualmente. Fica demonstrado, portanto, que em termos de necessidades de área para a produção de energia, a conversão de energia solar em energia elétrica (fotovoltaica) é mais de 200 vezes mais eficiente na propulsão veicular do que a conversão fotossintética de energia solar (fotossíntese).

Esta argumentação deve ser analisada sob várias perspectivas. Inicialmente, ao contrário da situação do cultivo agrícola, faz muito mais sentido espalhar este gerador solar fotovoltaico de um hectare pelos telhados e coberturas das edificações urbanas, evitando assim a ocupação de qualquer área adicional para a geração desta energia e produzindo a energia junto ao ponto onde ela será consumida. Neste sentido, é ilustrativo fazer mais uma comparação: muitos veículos no Brasil rodam cerca de 1.000 km por mês. Esta é certamente uma situação frequente para o segundo veículo de uma família típica da classe média brasileira. O veículo elétrico médio mencionado anteriormente necessita de um gerador solar fotovoltaico que vai ocupar de 13 a 15 m² do

telhado da residência desta família para gerar energia suficiente para um deslocamento médio de 1.000 km por mês. As residências unifamiliares típicas da classe média brasileira podem facilmente acomodar vários destes geradores, produzindo energia *in loco* em telhados solares fotovoltaicos para o atendimento de veículos elétricos, bem como para o consumo de energia elétrica de toda a residência, disponibilizando eventuais excedentes de energia para a rede elétrica pública e auxiliando na diversificação da matriz elétrica brasileira.

O professor Rütger concluiu sua apresentação e em seguida o professor Cortez abriu a sessão de questionamentos.

6. Sessão de questionamentos do público participante

Em vista do grande interesse do público participante desta sessão, um grande número de perguntas foi formulado por escrito e levado à mesa. Talvez pelo interesse nos rumos e encaminhamentos do MME para a questão energética nacional nas próximas décadas e pela novidade do tema energia solar fotovoltaica para este público, os questionamentos foram dirigidos exclusivamente para o Sr. Altino Ventura, do MME, e para o professor Ricardo Rütger, da UFSC.

A discussão e os questionamentos para o MME tiveram foco nas preocupações com os rumos que vêm tomando as iniciativas do governo no direcionamento da matriz energética brasileira, principalmente no que tange às mudanças climáticas e aos impactos ambientais relacionados à construção de grandes usinas hidrelétricas na Amazônia. A estas questões, o Sr. Altino Ventura respondeu que, por um lado, o governo necessita garantir o fornecimento de energia para a população com uma taxa de crescimento de aproximadamente 4% ao ano e nenhuma das fontes renováveis/alternativas em seus estágios atuais pode suprir esta demanda no presente. O MME reconhece o potencial destas fontes e vai apoiar todas as alternativas, cada uma ao seu momento, quando tiverem atingido um nível de maturação tecnológica e de custos que as torne competitivas com as fontes convencionais.

A apresentação do professor Rütger provocou um grande número de perguntas com os mais variados enfoques, desde indagações sobre detalhes funcionais da tecnologia solar fotovoltaica até questões mais práticas sobre como se poderia acelerar a inserção desta tecnologia na matriz brasileira. Uma constatação que se pode fazer de forma geral nos questionamentos se relaciona à necessidade de estimular a pesquisa e o desenvolvimento nesta área do conhecimento, para que o Brasil, com todo o seu potencial solar, possa fazer bom uso desta tecnologia, não somente utilizando a energia do Sol, mas fazendo-o com equipamentos e dispositivos desenvolvidos e fabricados em território nacional, para que a nação brasileira possa fazer uso pleno dos benefícios associados a esta tecnologia. Uma questão levantada pelo professor

Rüther em face de todos os questionamentos apresentados está relacionada ao aspecto da dependência tecnológica e ao desafio à ciência, tecnologia e inovação nesta área no Brasil: mais cedo ou mais tarde, a energia solar fotovoltaica deverá ser utilizada no Brasil em grande escala. Cabe à estrutura de CT&I nacional catalisar o processo para que esta utilização aconteça o mais cedo possível. Cabe também à sociedade brasileira tomar as providências para que isto ocorra de forma plena, com estímulos ao desenvolvimento das capacitações nacionais para que a produção nacional dos equipamentos relacionados a este aproveitamento possa ocorrer de forma competitiva, para que o país não seja um mero importador das soluções tecnológicas desenvolvidas ultramar.