



I Prêmio SEAE de
Artigos em Advocacia da
Concorrência e Regulação
Econômica

Primeiro lugar
Categoria 2 – Regulação Econômica



O Mercado Secundário de Espectro no Brasil: Desenho de Mecanismos e suas Eficiências Relativas

Luciano Charlita de Freitas
Luiz Alberto Esteves
Ronaldo Neves de Moura Filho

O mercado secundário de espectro no Brasil: desenho de mecanismos e suas eficiências relativas.

1. Introdução

Os últimos anos foram marcados por uma série de reformas legais com desdobramentos sobre os mercados regulados no Brasil. A mais principiológica delas veio com a Lei nº 13.874/2019 – Declaração de Direitos de Liberdade Econômica (BRASIL, 2019a), centrada na racionalização da intervenção estatal.

Para o setor de telecomunicações, a reforma do antigo marco legal realizada nos termos da Lei nº 13.879/2019 (BRASIL, 2019b)¹ se sobressai. Essa inovação se destaca pela renovação do setor e a revisão da política de acesso a insumos escassos por particulares. Dentre as alterações, a possibilidade de estruturação de um mercado secundário de radiofrequências² no Brasil foi um dos destaques e tem particular efeito sobre esta pesquisa. Com isso percebe-se que a tônica de maior liberdade também neste caso se fez presente de forma aplicada.

A importância das radiofrequências se deve ao fato de serem insumo essencial para a prestação e uso de serviços de comunicação sem fio. Até a edição da Lei nº 13.879/2019, os prestadores de serviços detinham acesso exclusivo a partes do espectro. Tal distinção se justificava como contrapartida aos investimentos disponibilizados para aquisição das radiofrequências, obtidas em leilões primários conduzidos pelo regulador setorial. Nessas condições, não podiam negociá-las com terceiros, ou seja, transferi-las ou cedê-las para outros prestadores interessados. Com a reforma legal abre-se aos titulares do direito de uso de radiofrequências a possibilidade de transferência, ou de comercialização da parte ociosa do espectro, mediante anuência da administração pública e submissão a condicionantes de natureza concorrencial e regulatórias.

As bases legais para a criação desse novo mercado se sustentam no reconhecimento de seu potencial para lograr ganhos de eficiência e utilidade no uso de espectro a partir de configurações alternativas ao modelo de alocação tradicional. Sua vertente indutora de ganhos de eficiência alocativa e de aumento da competição no setor de telecomunicações já se encontra consolidada (FCC, 2000; OCDE, 2005). Em regra, um mercado secundário maduro propicia maior agilidade na designação do espectro por

¹ Lei nº 13.879/2019: Art. 163. O uso de radiofrequência, tendo ou não caráter de exclusividade, dependerá de prévia outorga da Agência, mediante autorização, nos termos da regulamentação.

² Para fins deste estudo, os termos radiofrequências e espectro são equivalentes.

permitir transações entre privados (LYONS, 2019) e, em países como o Brasil, pode representar uma oportunidade de ampliação da cobertura em regiões de menor atividade econômica, onde o uso desse recurso é potencialmente ineficiente³.

A liquidez nesse novo mercado é um dos fatores críticos para alcançar os benefícios de eficiência, qualidade e ampliação da prestação de serviços móveis. Seu bom funcionamento permitirá elevar a confiança dos investidores para negociarem seus ativos de forma rápida e eficiente, promover a inovação e, inclusive, potencializar a utilidade das atividades nos mercados primários. Ademais, esse mercado também pode estimular o ecossistema financeiro do setor, uma vez que escalar o espectro a uma condição de ativo negociável gera implicações na composição patrimonial das empresas, com efeitos no custo de capital e no valor do negócio.

A despeito dos benefícios esperados, existem riscos de ordem técnica e concorrencial associados ao desenvolvimento do novo mercado. Aqueles relacionados a comportamentos anticompetitivos, especulativos e de criação de escassez artificial, bem como aspectos como interferências e custos de coordenação e harmonização são exemplos de ameaças comumente atribuídas ao mercado secundário (OCDE, 2005).

O presente estudo se insere no rol de pesquisas pioneiras sobre o tema. Em particular, busca atualizar as contribuições originais de Yoon et al. (2012), Freitas et al. (2020) e López et al. (2021) sobre o desenho de mecanismos de promoção da liquidez do novo mercado.

A principal inovação deste estudo diz respeito ao desenho de mecanismos gerais do mercado secundário de espectro e às simulações computacionais sobre a eficiência relativa desses mecanismos. Para tanto, os autores desenvolveram modelos de economia computacional baseada em agentes (ACE), parametrizados para simular sistemas evolutivos, com agentes interativos autônomos no mercado secundário de radiofrequências. Esse método de simulação, preferencial entre os pesquisadores do ramo da economia experimental (TESFATSION, 2003), tem o potencial de auxiliar no desenho normativo do novo mercado e oferecer intuições acerca do seu funcionamento e do comportamento dos agentes (FURTADO e LASSANCE, 2022).

Para fins de simulação, foram avaliados três mecanismos gerais, a saber: (i) o *laissez-faire*, com mínima intervenção estatal; (ii) o de corretagem, com preços orientados a custos, e; (iii) o Licenciamento de Acesso Indireto Autorizado com incentivos. O desenho e avaliação desses mecanismos permitem sistematizar a relação entre os atores

³ No domínio da tecnologia 5G, cujo padrão de desenvolvimento se assenta em flexibilidade de rede, tal solução pode contribuir para alavancar negócios e ampliar o acesso ao consumidor final (FREYENS, 2009).

envolvidos, suas possíveis ações e recompensas e, ao cabo, identificar soluções mais eficientes de promoção da liquidez no mercado secundário que buscam equilibrar os interesses público e privado.

A seção a seguir aborda a abrangência e os condicionamentos do mercado secundário de radiofrequências no Brasil, conforme definido na Lei nº 13.879/2019 (BRASIL, 2019b). Em seguida, é feita uma revisão da regulação sobre o tema e das propostas de modernização espelhadas nas diretrizes da legislação. Os mecanismos gerais de promoção do mercado secundário são apresentados na seção 4, juntamente com as sugestões de melhorias de modo a espelhar o contexto brasileiro e o atual debate regulatório em curso. A seção 5 trata das simulações desenvolvidas e seus resultados. Por fim, são apresentadas as conclusões e recomendações para elaboração de políticas públicas.

2. O mercado secundário de espectro no Brasil: diretrizes legais.

O mercado secundário de espectro foi introduzido no Brasil em 2019, no contexto da revisão do marco legal setorial promovido pela Lei nº 13.879/2019 (BRASIL, 2019b). Nos termos da nova legislação, ficou autorizada a cessão de uso de radiofrequências entre prestadores de serviços de telecomunicações, mediante anuência prévia da agência reguladora setorial e o atendimento de condicionamentos de caráter concorrencial, a serem especificados em nível infralegal⁴.

Em síntese, o novo mercado decorre da faculdade outorgada ao titular do direito de uso das radiofrequências, obtida, em regra, por meio de processo competitivo e oneroso, para ceder a um terceiro, cessionário, o excedente ocioso de seu espectro.

O texto legal atribuiu à Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) as prerrogativas para regular esse novo mercado. Tal designação almeja assegurar sua máxima eficiência, a preservação do interesse público e da promoção da concorrência. Abrange atribuições de governança, dentre as quais aquelas afetas à coordenação e coexistência no uso das radiofrequências, a supervisão sobre a qualidade dos serviços, e, de modo mais amplo, as ações de monitoramento e preservação da transparência e resolução de conflitos.

Ainda no plano legal, a conformação do novo mercado converge com os preceitos contidos na Declaração de Direitos de Liberdade Econômica. Nesse contexto cabe ao

⁴ O tema de mercado secundário se insere no item 20 da Agenda Regulatória 2021-2022, no projeto que trata da Reavaliação da regulamentação sobre uso do espectro (ANATEL, 2022a).

regulador setorial buscar razoabilidade em sua intervenção sobre o tema que deve ser precedida de análises de impacto elaboradas a partir de informações e dados de forma a atender ao comando legal⁵ (BRASIL, 2019a). O cumprimento de tal disposição ganha maior relevo por se tratar da disciplina de acesso a um recurso econômico escasso.

Nesse tocante, cabe mencionar o entendimento apregoado por Coase (1959), e ratificado pela Declaração de Liberdade Econômica, de que o mercado tem condições de alocar recursos escassos de modo mais eficiente que a administração pública, desde que o governo se limite a definir e proteger os direitos de propriedade, e que os custos de transação sejam desprezíveis. Isso se daria pela capacidade do mercado de processar informação de modo descentralizado, a partir de interações entre compradores e vendedores. Nessas condições, a adoção de uma solução de mercado teria a capacidade de tornar mais eficiente o uso do espectro em benefício do atendimento às demandas da sociedade.

Outras manifestações públicas sobre o tema coadunam com os princípios apregoados pela Declaração de Liberdade Econômica. O Parecer nº 3277/2022/ME (ME, 2022) é particularmente prodigioso ao endereçar contribuições específicas sobre o desenvolvimento do mercado secundário de espectro no Brasil. O posicionamento reforça a necessidade de busca pelo máximo excedente do novo mercado, tomando como regra a liberdade econômica e o caráter extraordinário da intervenção regulatória.

Essa modernização legislativa também se mostra alinhada com referências internacionais. Experiências bem-sucedidas sugerem que soluções de mercado tem o potencial de agregar valor aos modelos de negócios de telecomunicações baseados em radiofrequências e na promoção da eficiência do uso de recursos escassos (XAVIER e YPSILANTI, 2006; DAOUDI, ALANYALI e STAROBINSKI, 2007). Por sua vez, o estudo de Lehr (2020) pondera que o mercado secundário de espectro permite a reformulação dos direitos de uso do espectro em resposta às mudanças no mercado e nos requisitos tecnológicos para prestação de serviços.

Não obstante os avanços sobre o tema, o desenvolvimento do novo mercado ainda carece de um debate mais amplo. Inserem-se nesse escopo a atuação infralegal do regulador com o fito de criar condições para a operacionalização do mercado secundário e o estabelecimento de requisitos que permitam a segurança jurídica para investidores de modo a alavancar um mercado justo e eficiente e alcançar o equilíbrio do bem-estar do usuário, da indústria e do Estado.

⁵ O dispositivo legal que suporta tal afirmação vem a ser o art. 5º da Lei de Liberdade Econômica.

As expectativas do regulador sobre o desenho do mercado secundário de espectro foram reiteradas em decisões da ANATEL (ANATEL, 2018a, 2019a). Elas dizem respeito à eficiência do uso de espectro, apontada como recurso habilitador para as atuais demandas da sociedade, e ao reconhecimento de que esse recurso é o meio preferencial para a universalização da conectividade no Brasil.

Importa frisar que a revisão da regulamentação, com objetivo de estruturar o mercado secundário, ainda está em curso (ANATEL, 2019b). Embora haja uma análise de impacto regulatório concluída⁶ e já tenha sido realizada uma tomada de subsídios preliminar, o novo regulamento ainda não alcançou a fase de consulta pública (ANATEL, 2022a).

Dentre as alternativas preparatórias divulgadas pelo regulador, destacam-se as de (i) livre negociação de mercado; e de (ii) transferência por meio de mecanismo de oferta, sendo ambas hipóteses sujeitas a anuência prévia e ao atendimento de condicionantes (ANATEL, 2019b). Não obstante as manifestações públicas, os referidos mecanismos ainda não foram disponibilizados para debate público.

3. Mecanismos de promoção da liquidez no mercado secundário de espectro: revisão e premissas gerais.

A demanda crescente por soluções de telecomunicações sem fio gerou uma série de reflexões sobre a eficiência dos modelos centralizados de gestão de espectro. Aos poucos a abordagem de domínio exclusivo das radiofrequências, após designação de titulares em leilões, sem a possibilidade de transferência de autorizações entre privados (SPILLER e CARDILLI, 1999), cedeu espaço para soluções de compartilhamento, a exemplo daquelas relatadas por Freitas et al. (2020b).

O desenvolvimento do mercado secundário de espectro representa uma resposta à dinâmica competitiva e de evolução tecnológica do setor de telecomunicações. Esta seção aborda três mecanismos gerais de promoção da liquidez do novo mercado. Eles contemplam as operações mais recorrentes reportadas na literatura revisada⁷ (LÓPEZ et

⁶ Por se tratar de documento preparatório à decisão final quanto à regulamentação, o documento de relatório da análise de impacto regulatório ainda não se encontra público, razão pela qual não constituiu objeto de exame direto deste estudo. Nesse contexto, a apreciação do procedimento normativo terá como foco o *Documento de Suporte à Tomada de Subsídios* (ANATEL, 2019b).

⁷ Práticas mais recorrentes no mercado secundário abrangem as transferências direta de espectro, com a venda de licenças para terceiros; as operações de *swap*, que consistem na troca de direitos para exploração do espectro radioelétrico, de modo definitivo ou temporário entre privados; e, o acesso desagregado no qual os detentores de licenças dividem as subfaixas de frequência com base em sua localização geográfica.

al., 2021) e tomam como principais referências as contribuições originais de Freitas et al. (2020a) e López et al. (2021), para o contexto brasileiro⁸.

Figura 1: Mecanismos gerais de liquidez no mercado secundário de espectro



Em comum, os mecanismos se estabelecem sobre o pressuposto básico de que candidatos vendedores e compradores de radiofrequências são detentores exclusivos de informações sobre o custo para cessão do espectro, a disponibilidade a pagar pelo recurso e os ganhos esperados com sua exploração comercial. Trata-se, portanto, de um modelo com informação incompleta cujos valores não são conhecidos pelos operadores do mercado nem pelo agente regulador, responsável pelo desenho dos mecanismos. Além disso, ao contrário do mercado primário de espectro, no mercado secundário a transação ocorre entre agentes privados, através de negociações cujo objetivo é a maximização do lucro privado, obtido com a busca por valores de mercado.

O regulador também desempenha uma função nesse arranjo. Seu comportamento busca maximizar o bem-estar social. Para tanto, atua de modo a proporcionar maior liquidez ao mercado e, conseqüentemente, gerar melhores condições de cobertura e qualidade dos serviços prestados, de atendimento aos usuários e de redução de custos transacionais.

O papel e o grau de intervenção do agente regulador variam de acordo com os diferentes tipos de mecanismo. Nos mecanismos de menor intervenção, sua função se resume a supervisionar as interações entre vendedores e compradores de espectro. Por sua vez, em mecanismos com maior intervenção regulatória a atuação do regulador se estende à definição de preços do mercado e designação de agentes com poder de mercado significativo (PMS).

⁸ Esses autores cuidaram de sistematizar o problema da liquidez no mercado secundário adotando como premissas a mitigação de riscos de conflitos de interesse entre os agentes, a promoção de soluções de compartilhamento e a busca por eficiência alocativa das radiofrequências.

Tabela 1: Mecanismos gerais de promoção do mercado secundário de espectro e suas características

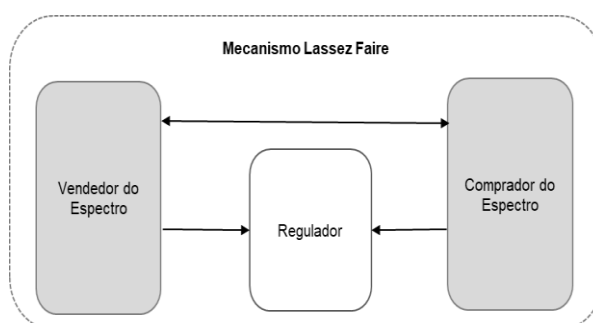
Mecanismo	Grau de intervenção Regulatória	Definição do preço do negócio	Papel do Regulador	Principal característica
<i>Laissez Faire</i>	Baixo	Mercado	Supervisor	Livre mercado
Corretagem	Alto	Regulador	Define preços <i>ex ante</i> e identifica empresas com PMS	Presença de um <i>broker</i> central
Acesso Indireto com incentivos	Médio	Mercado	Define incentivos para a promoção da liquidez no mercado	Leilão entre agentes privados com a introdução de incentivos para adesão dos agentes

A tabela 1 resume as principais características de cada mecanismo considerado para fins de simulação. As notas foram elaboradas a partir da revisão do estudo original de Freitas et al. (2020a). As subseções a seguir detalham o desenho desses mecanismos.

3.1. Mecanismo de livre mercado (*laissez-faire*)

O mecanismo do tipo *laissez-faire* é uma solução de livre mercado, com mínima intervenção regulatória. Opera-se em regime de oferta e demanda, em que o titular da radiofrequência e o potencial comprador atuam para alavancar suas utilidades individuais.

Figura 2: Diagrama do mecanismo do tipo *laissez-faire*



Nesse mecanismo os candidatos a compra do espectro buscam alternativas às infraestruturas físicas de conectividade para desenvolvimento dos seus modelos de negócios. Esse potencial comprador é detentor exclusivo das informações sobre o valor que está disposto a pagar pelo recurso.

Por sua vez, os potenciais vendedores, titulares da radiofrequência, detêm a licença primária para uso da radiofrequência obtida mediante licitação pública e onerosa, nos termos da legislação brasileira. Esses agentes, podem, a depender do seu juízo de conveniência e oportunidade, disponibilizar o excedente ocioso de seu portfólio de

radiofrequências a um valor igual ou superior à soma dos custos de oportunidade de manter o domínio exclusivo sobre o recurso e dos custos de compartilhamento. Esses custos são conhecidos exclusivamente pelo titular das radiofrequências.

A intervenção regulatória se restringe à presença de um mediador especializado, com função de supervisão e com autoridade regulatória para atuar na governança do negócio. Incluem-se nesse escopo as ações de prevenção de conflitos, notadamente aquelas de ordem técnica voltadas à prevenção e correção do uso inapropriado de radiofrequências (SPILLER e CARDILLI, 1999). Em contrapartida, o regulador recebe uma taxa administrativa necessária para a emissão de uma nova outorga, devida sempre que houver uma operação no mercado secundário. Esse custo administrativo, comum a todos os mecanismos gerais, corresponde a um valor fixo, não vinculado ao valor da transação⁹ (ANATEL, 2018d), e devido pelo comprador do espectro.

As críticas ao mecanismo do tipo *laissez-faire* se fundamentam na assimetria de informação e no risco de conflito de interesses entre as partes envolvidas, com eventual prejuízo à liquidez e ganhos do mercado secundário de espectro. O estudo de Myerson e Satterthwaite (1983), cuja contribuição faz alusão ao teorema da impossibilidade de Arrow (ARROW, 1950), sustenta que na presença de assimetrias informacionais não haveria um mecanismo que assegure eficiência *ex post* na presença de limitada racionalidade individual dos agentes. Esse contexto pode impor perdas de eficiência ao modelo.

Os riscos da assimetria de informações são potencializados em contextos de mercados limitados, com poucos compradores ou vendedores. Nessa condição as referências sobre a disposição do comprador em pagar e os custos reais para cessão do recurso detido pelo vendedor são limitadas e as negociações tendem a gerar ineficiência do comércio bilateral. Isso ocorre porque cada parte tem incentivos para distorcer os valores declarados em negociação de modo a obter vantagens individuais, *i.e.* o vendedor poderia exagerar seu custo para conseguir um preço mais alto, enquanto o comprador teria incentivos para subestimar sua disposição de pagar de modo a se beneficiar de valores mais módicos pelo recurso.

Diante desse ambiente de incerteza o mecanismo de *laissez-faire* pode impedir o máximo potencial do mercado secundário de espectro (OCDE, 2005; FCC, 2000). Em termos econômicos, o equilíbrio do tipo Nash é posto em risco diante do ambiente de seleção adversa no qual informações e intenções ocultas ditam o comportamento dos agentes.

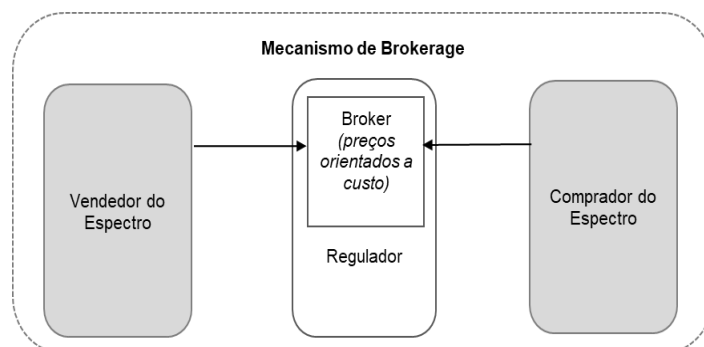
⁹ Trata-se de uma referência para fins deste estudo. Os montantes e formas de pagamento serão objetos de debates nos termos do processo de regulamentação do tema (ANATEL, 2022a).

Mesmo com as ressalvas apontadas, os modelos de negócios elaborados com base no mecanismo de *laissez-faire* podem se materializar na prática e, conforme será demonstrado nas simulações apresentadas na seção a seguir, têm potencial de gerar ganhos agregados para o setor. Incrementos de competição típicos de mercados maduros, com muitos compradores e vendedores e baixo custo transacional, tendem a anular os riscos de assimetria associados a esse mecanismo geral. Outros arranjos do setor de telecomunicações, a exemplo do já referido compartilhamento de infraestruturas, surgiram nesse contexto de liberdade regulada e se mostraram ao longo do tempo bem-sucedidos (por exemplo, FREITAS et al., 2020b).

3.2. Modelo de corretagem (brokerage)

O modelo de corretagem se refere a uma solução mediada voltada a remediar falhas de competição em mercados regulados. Sua justificativa, em outras aplicações para o setor, remete a condição sub-ótima típica de mercados com baixa competição, riscos de abusos concorrenciais e práticas oligopolistas.

Figura 3: Diagrama do mecanismo de corretagem



O modelo de corretagem tem no Plano Geral de Metas de Competição (PGMC) (ANATEL, 2018b) e no Sistema de Negociação de Ofertas de Atacado (SNOA) (ANATEL, 2018c) suas principais referências regulatórias. O PGMC elenca os mercados relevantes, os PMS e os respectivos remédios regulatórios voltados ao equilíbrio competitivo do setor. Por sua vez, o SNOA consiste no principal instrumento de corretagem para transações de ofertas de infraestrutura de atacado das empresas designadas PMS, e foi constituído a partir de princípios de equidade e transparência. Os preços dos produtos ofertados no SNOA são orientados a custos, estimados a partir de referências de contabilidade regulatória (ANATEL, 2005). A função de *broker* exercida pelo regulador, por meio do PGMC e SNOA, permite mediar as negociações e reduzir os custos transacionais e de mitigação da assimetria de informações.

O mecanismo de corretagem se distingue por sua simplicidade. Os preços dos negócios e os custos da transação são definidos *ex-ante* pelo regulador, que também fica encarregado de identificar os prestadores com PMS e arbitrar conflitos na comercialização dos produtos. O modelo dispensa a presença de incentivos econômicos para adesão, uma vez que se estabelece a partir da obrigação atribuída ao detentor de PMS para cessão de recursos considerado relevantes.

Enquanto o custo de oferta dos recursos é computado pelo regulador, a disposição a pagar pelo candidato à compra de espectro precisa ser revelada *ex-ante*. Portanto, o mecanismo de corretagem faculta ao comprador apenas análise de conveniência e oportunidade diante da oferta mandatória de radiofrequências pelo titular, com preços orientados a custos e definidos em Atos do regulador. Em outros termos, o objetivo principal do mecanismo é promover o uso eficiente do recurso escasso em prejuízo da racionalidade individual do titular da radiofrequência, e é nesse ponto que o mecanismo de corretagem se destaca.

A modulação dos preços de referência pelo regulador é o principal vetor exógeno de demanda nesse modelo. O fornecedor é obrigado a oferecer o recurso, no limite de sua disponibilidade, mediante imposição regulamentar.

O regulador desempenha uma posição de destaque na definição do ganho agregado do negócio. Tal entendimento decorre do preço por ele estabelecido, em supressão ao valor que poderia ser obtido no mercado. Eventualmente, o vendedor do espectro pode se ver obrigado a realizar operações abaixo do seu custo real incorrendo em riscos de perda de excedente. Por sua vez, o comprador de espectro pode se beneficiar de excedentes adicionais decorrentes da precificação em custos do ativo quando estes forem inferiores à sua disposição a pagar pelo recurso.

O mecanismo introduz no sistema custos adicionais de gerenciamento no negócio. Isso se deve às atribuições de intermediação das transações, a criação e manutenção de plataformas de comercialização e às medidas onerosas de governança.

Cabe salientar que existe um debate consolidado sobre a convergência dos preços orientados a custos como ótimo econômico (por exemplo, SILVA, 2011). Todavia, conforme demonstrado por Silva (2011), o referido ótimo econômico depende da dinâmica do mercado, notadamente da maturidade do contexto competitivo, o que não é coerente com o incipiente mercado secundário de espectro.

Assim, dado o caráter introdutório do novo mercado, não se pode presumir de largada que a definição *ex ante* do preço do espectro atenda às condições de competição já experimentadas em mercados maduros como interconexão ou linhas dedicadas. Diante

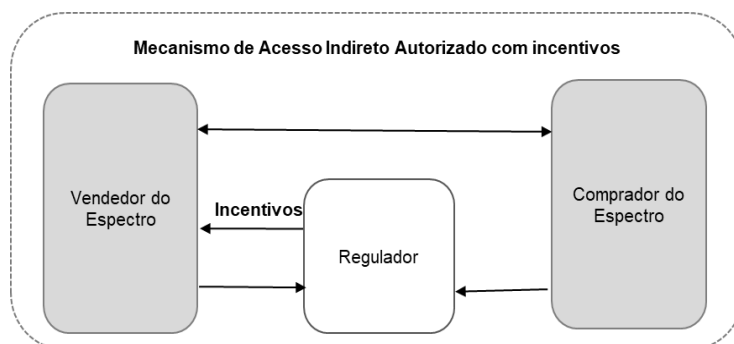
do exposto, a imposição de um preço pelo regulador deve ser avaliada face às externalidades que introduz ao sistema e aos riscos de perpetuação de uma subcultura de litigiosidade com efeitos sobre a liquidez ou ganhos agregados do novo mercado. Isso ocorre tanto em função da dispensa do candidato comprador da radiofrequência em declarar o valor que desejaria disponibilizar para aquisição do espectro, quanto ao risco de impor ao titular da radiofrequência um preço inferior aos custos de compartilhamento e de oportunidade que, por princípio, é de seu domínio exclusivo.

Cabe, em benefício do desenho do mecanismo de corretagem, reconhecer seu potencial para alavancar o novo mercado no curto prazo. Tal condição se deve à natureza impositiva das obrigações de oferta do recurso e do estabelecimento dos preços de referência orientados a custos que podem frustrar o interesse implícito de maximização do excedente exercido pelo vendedor de espectro e, desse modo, facilitar a aquisição da radiofrequência pelos candidatos compradores e sua entrada imediatamente no mercado.

3.3. Acesso Indireto Autorizado com incentivos (AIA)

O terceiro mecanismo geral se refere ao leilão de espectro no mercado secundário, referido neste artigo por Acesso Indireto Autorizado (AIA) com incentivos. Esse mecanismo corresponde a uma adaptação do Licenciamento de Acesso Compartilhado¹⁰ (LCA), cuja aplicação ganhou ímpeto a partir de 2011 (ECC, 2014). O AIA se distingue pelo caráter de cessão, temporária ou permanente, do espectro em substituição ao modelo de compartilhamento originalmente subjacente ao LCA.

Figura 4: Diagrama do mecanismo do tipo Acesso Indireto Autorizado com incentivos



Nesse mecanismo as partes transacionam recursos de espectro em negociações privadas entre terceiros, estabelecidas na forma de leilão público. Os vendedores de espectro oferecem frações ociosas de seu portfólio de espectro e os candidatos

¹⁰ Do inglês, *Licensed Shared Access*.

compradores fazem lances em regime de competição. Aos moldes do mecanismo de corretagem, o AIA prevê a atuação do titular do espectro, do cessionário e do regulador.

Para fins de simulação o AIA é desenhado como um leilão do tipo Vickrey¹¹, segundo o qual ofertas idôneas e sigilosas são apresentadas para uma única licença secundária e o pleito vencedor seria aquele de maior lance e o preço a ser pago, o segundo maior valor. Esse tipo de leilão tem, entre outras vantagens, a de incentivar os licitantes a declararem o valor verdadeiro do ativo desejado¹² e evitar conluíus entre privados.

Esse modelo pode ocorrer em um regime dinâmico de licitações, com operações sucessivas no mercado secundário, caso em que os agentes intercalam posições de vendedores e compradores de espectro ao longo do tempo. Trata-se, então, de um sistema reflexivo, no qual as ações dos agentes participantes podem afetar seus próprios estados futuros, bem como os estados futuros de outras entidades. Diferente do modelo de corretagem, os preços dos ativos são dinamicamente adaptados às condições do mercado.

O mecanismo também faz uso de uma plataforma neutra de transações. A função dessa plataforma é possibilitar transações isonômicas, transparentes e servir de repositório para gestão das faixas de espectro ocioso e suas respectivas condições de cessão. Dado o caráter privado dos leilões, a plataforma pode ser vislumbrada como uma solução privada, cabendo ao regulador sua supervisão.

O excedente agregado do negócio corresponde à soma dos ganhos do titular do recurso e do comprador. Assim como no mecanismo de *laissez-faire*, um *deal* nesse mecanismo ocorre quando ambos os agentes, vendedor e comprador, tenham excedentes positivos na operação, obtido com um preço de mercado.

O regulador não intervém na definição de preços e os participantes do leilão são mais propensos a revelarem suas intenções de venda e compra e, eventualmente, convergir para um valor de mercado. O incentivo atua como um amortecedor do custo de cessão do meio, o que pode elevar a disposição do titular do espectro em se engajar no mercado secundário.

A introdução dos incentivos no mecanismo opera como um remédio elaborado à luz da teoria da agência. Esses incentivos podem ser desenhados na forma de compensação de incentivos (JENSEN e MECKLING, 1976) ou sistemas de recompensa (EISENHARDT, 1989), segundo os quais o dimensionamento e a importância atribuídos aos incentivos são proporcionais aos custos de compartilhamento e de monitoramento das atividades do

¹¹ O leilão do tipo Vickrey induz os candidatos compradores a revelarem o valor real atribuído à radiofrequência (Vickrey, 1961).

¹² A opção pelo modelo de leilão do tipo Vickrey é, para fins deste estudo, exemplificativo.

agente. Os sistemas de compensação de incentivos combinam as preferências do agente com as do principal e visam oportunizar ganhos mútuos em prol de um equilíbrio desse sistema. Tal sistemática antagoniza com arranjos de natureza punitiva e impositiva, à exemplo daquele subjacente ao mecanismo de corretagem (MARDSEN e IHLE, 2018).

Experimentos com a definição de incentivos em outros países indicam o emprego extensivo de abatimentos de taxas administrativas, feriados regulatórios e a flexibilização de adimplemento de metas de cobertura¹³ (MARDSEN e IHLE, 2018; FCC, 2019). Em geral, os incentivos nesse mecanismo são derivados de obrigações existentes, convertidas em abatimentos ou flexibilizações de ordem cronológica ou financeira.

No Brasil, incentivos voltados à flexibilização do adimplemento das metas de cobertura, definidas no leilão primário de espectro, e que envolvem montantes expressivos de investimento e custo operacional parecem ter utilidade para o mecanismo de AIA (OCDE, 2016). Um exemplo de incentivo nesse escopo inclui a possibilidade de transferir ao cessionário da radiofrequência a titularidade de parte do compromisso de adimplemento das obrigações de cobertura. Nessas circunstâncias, os custos para atendimento da obrigação seriam segmentados entre dois ou mais prestadores.

Outro potencial incentivo diz respeito à eventual desoneração do ônus pela prorrogação do uso das radiofrequências. Esse ônus, previsto em legislação e devido pelo titular da radiofrequência, é calculado com base da receita operacional líquida auferida pela prestação do serviço e de maneira proporcional à quantidade de espectro sob posse do titular (ANATEL, 2018d). Adaptada a uma condição de incentivo, tal custo poderia ser compartilhado entre o titular e os cessionários ou mesmo reduzido a um patamar mais módico que o praticado em condições de uso exclusivo do espectro.

A exemplo dos demais modelos, o AIA também apresenta limitações. A mais relevante trata de eventuais riscos morais decorrentes da definição e dimensionamento dos incentivos. Na prática, o vendedor do espectro, em função das informações privadas que detém, poderia se manter inerte em sua opção de venda do recurso até que o incentivo entre em vigor e somente então aderir ao mercado secundário.

Ademais, por ser uma política de incentivos unilateral, destinada a reduzir os custos de cessão do recurso e promover a adesão do potencial vendedor de espectro, essa prática poderia caracterizar uma espécie de subsídio. Soluções de transparência e voltadas à promoção da competição entre os detentores primários de espectro poderiam remediar parte do risco moral intrínseco ao mecanismo.

¹³ Exemplo cogitado pela administração norte-americana em documento de referência submetido a consulta pública (FCC, 2019).

A tabela a seguir resume uma seleção não exaustiva de vantagens e desvantagens de cada mecanismo geral.

Tabela 2: Resumo das Vantagens e desvantagens dos mecanismos gerais

Mecanismo	Vantagens	Desvantagens
<i>Laissez Faire</i>	<ul style="list-style-type: none"> • baixo custo de transação. • solução de mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • assimetria de informação e risco de conflito de interesses entre as partes envolvidas.
Corretagem	<ul style="list-style-type: none"> • alavancagem do novo mercado no curto prazo. • mitiga potenciais práticas anticompetitivas por parte do detentor primário do espectro. 	<ul style="list-style-type: none"> • externalidades decorrentes da designação <i>ex ante</i> dos preços e a designação dos entes com PMS. • custos adicionais decorrentes da intermediação dos negócios.
Acesso indireto com incentivos	<ul style="list-style-type: none"> • baixo custo de transação. • transparência. • dinâmico e autônomo. 	<ul style="list-style-type: none"> • riscos morais decorrentes da expectativa dos incentivos. • custo para definição do incentivo ótimo.

Na seção a seguir são apresentadas as premissas e parâmetros para as simulações de desempenho relativo dos mecanismos gerais.

4. Análise da eficiência dos mecanismos gerais de promoção da liquidez no mercado secundário de espectro: premissas e simulações com modelo de economia computacional baseada em agentes (ACE).

Uma das inovações fundamentais deste estudo diz respeito às simulações sobre a eficiência relativa dos mecanismos de promoção do mercado secundário. Por se tratar de um mercado em constituição, ainda não regulado e, portanto, sem a disponibilidade de dados de operações reais, as simulações foram elaboradas a partir de premissas e referências históricas. Busca-se desse modo obter intuições econômicas da relação entre os diversos agentes que interagem nesse novo mercado, a partir de preceitos da economia experimental.

Para fins de simulação computacional, recorreu-se a modelos de economia computacional baseada em agentes (ACE). Esses modelos foram desenhados como arranjos de sistemas dinâmicos, evolutivos e com agentes interativos autônomos e dotados de racionalidade limitada. Essas condições buscam mimetizar o ambiente de negócio para os diversos mecanismos gerais sintetizados na seção anterior.

As simulações foram executadas com o auxílio da ferramenta Netlogo v.6.2.2. (WILENSKY,1999)¹⁴. Os modelos foram programados com dois tipos de agentes

¹⁴ O modelo original concebido em linguagem Java foi adaptado para a linguagem Python, seguindo contribuições originais de Collier et al. (2020). As premissas adotadas também foram desenhadas de modo a se adequar aos objetivos deste estudo. Essas premissas são detalhadas no corpo do texto.

econômicos - o candidato comprador de radiofrequências (consumidor de espectro) e o candidato fornecedor (vendedor de espectro). O comprador procura obter acesso ao espectro como meio alternativo às redes físicas para prestação de serviços de telecomunicações. O fornecedor é um detentor de licença de espectro com disposição para comercializar o excedente ocioso do recurso. O comprador de espectro pode se tornar um potencial vendedor ao longo das simulações. O objetivo é explorar o comportamento emergente entre esses agentes à medida que o recurso é comercializado no mercado secundário ao longo do tempo.

O regulador não opera diretamente no mercado, porém atua como arquiteto das restrições subscritos aos mecanismos - na definição de preços, para o mecanismo de corretagem; de incentivos, para o mecanismo de leilão; e, na gestão das taxas de administração, para todos os mecanismos.

Para assegurar a comparabilidade do desempenho dos mecanismos gerais, as simulações consideram uma mesma banda de espectro, com características técnicas semelhantes, para uma mesma localidade. Essas condições servem para isolar os efeitos das variações técnicas e geográficas associadas às radiofrequências.

Ademais, assume-se como premissa a ausência de externalidades nas simulações. Ou seja, o benefício que um agente tem na venda ou compra do espectro não é afetada pelas alocações, transferências ou utilidade de outros agentes. Essa premissa permite isolar os efeitos decorrentes do porte dos agentes.

Quanto à função de determinação dos negócios no mercado secundário, assume-se serem do tipo monotônica. Assim, um candidato habilitado para comprar uma dada faixa de radiofrequência sempre será o preferencial quando o valor de sua oferta for maior que as dos demais postulantes nos mecanismos de *laissez-faire* e de leilão AIA. Para o vendedor da radiofrequência, o valor de oferta menor sempre prepondera sobre os demais para a decisão de rejeição do negócio.

Para fins deste estudo, o desempenho do mercado secundário é mensurado pela quantidade de negociações bem-sucedidas (*deals*) e pelo excedente agregado decorrente dessas operações. As simulações para cada mecanismo foram parametrizadas para 5000 iterações, em 50 períodos sucessivos.

Negócios bem-sucedidos são obtidos com a combinação de dois eventos. Primeiro, quando o valor do negócio, definido em livre mercado, pelo regulador ou por leilão, for igual ou superior à soma do custo de cessão do meio e do custo de oportunidade. Segundo, quando o valor do negócio for igual ou menor à disponibilidade (*willingness to pay*) do

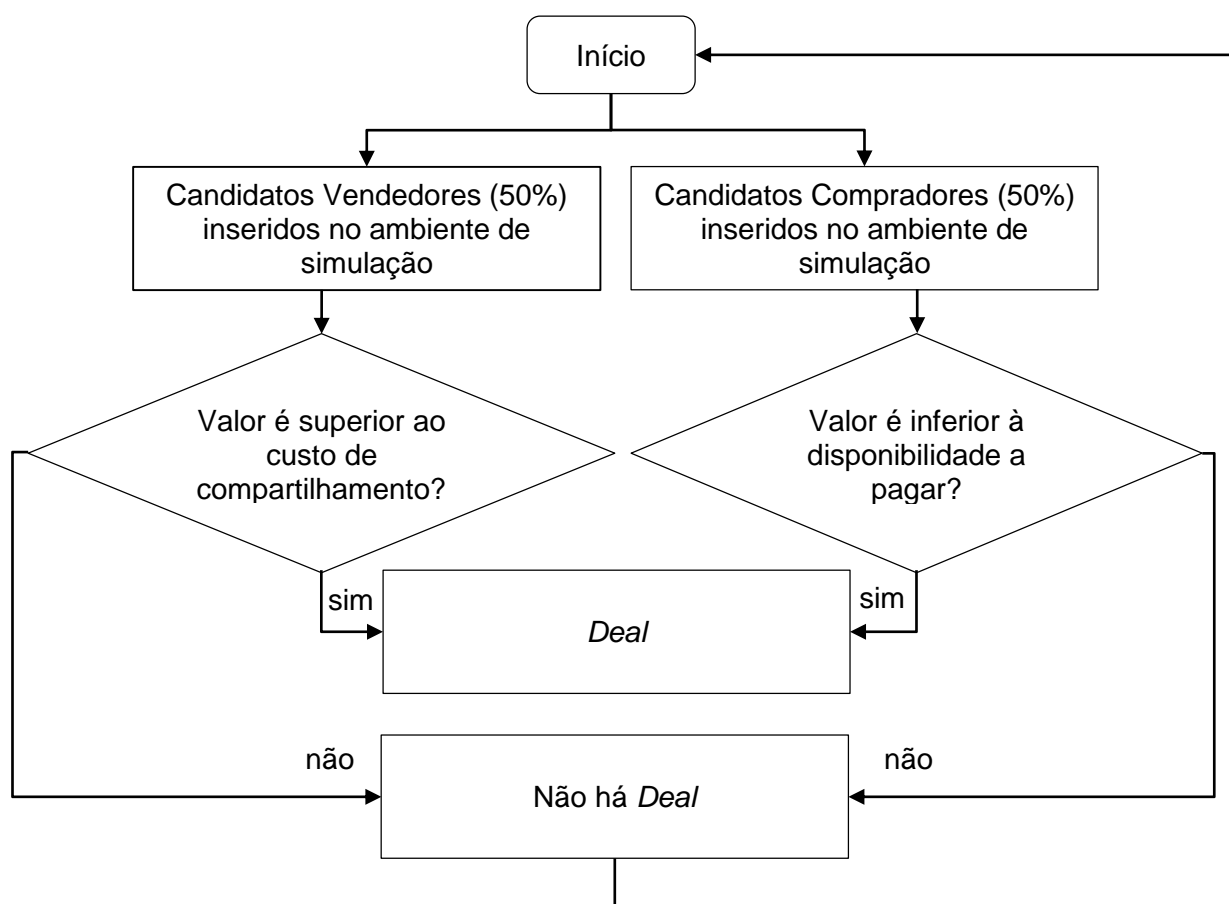
comprador em adquirir a radiofrequência. Se ambos os agentes tiverem suas expectativas atendidas o negócio é contabilizado como *deal*.

Por sua vez, o excedente agregado corresponde à soma dos ganhos do vendedor e do comprador nos negócios bem-sucedidos. Esses ganhos correspondem, para fins deste estudo, à diferença entre o valor da venda do espectro e a soma dos custos de oportunidade e de cessão do meio, no caso do vendedor. E, da diferença entre a disponibilidade a pagar e o valor efetivamente pago pelo comprador.

Algumas dessas premissas são relativizadas para os mecanismos de corretagem e para o mecanismo de leilão com incentivos. Esses mecanismos, em função da atuação do regulador, podem sofrer variações na quantidade de *deals* e do valor dos excedentes. Tais variações são detalhadas na seção de resultados.

O diagrama a seguir resume a forma como o sistema de simulações foi programado.

Figura 5: Diagrama do mecanismo do tipo Acesso Indireto Autorizado com incentivos



Candidatos compradores e vendedores foram inseridos na proporção de 50% de modo a espelhar a premissa de reflexividade em um mercado com muitas operações. A atuação dos agentes ocorre de modo aleatório, de acordo com referências médias e o desvio padrão de preços, custos e variações de incentivos identificados na seção a seguir.

4.1. Modelo baseado em agentes: agentes, relacionamentos e ambiente

As simulações desenvolvidas neste estudo levam em conta três agentes - os vendedores da radiofrequência, os compradores e o regulador. Os vendedores e compradores se alternam ao longo do tempo, operando ora como ofertante, ora como candidato comprador de espectro no mercado secundário.

Por sua vez, o regulador é o agente neutro, encarregado de supervisionar o uso e alocação das radiofrequências e promover a liquidez do novo mercado. Sua atuação como supervisor abrange o exercício de atividades de gestão do espectro, de mediação de conflitos e arbitragens. Como promotor do novo mercado pode atuar na adoção de remédios regulatórios voltados ao equilíbrio competitivo e na definição de incentivos para impulsionamento do mercado. Sua atuação impõe mais ou menos custos às transações e sua atividade é remunerada com taxas administrativas.

O objetivo dos candidatos vendedores e compradores de radiofrequências é a maximização do excedente individual. Para os vendedores, o excedente é obtido com a venda de espectro ocioso, desde que ela supere os custos totais de cessão e de oportunidade, conforme detalhado na seção sobre desenho de mecanismos. Por sua vez, o candidato comprador de espectro tem seus retornos majorados se o custo para aquisição da radiofrequência desejada for inferior à sua disponibilidade para obtenção do recurso, definida a partir das expectativas de ganhos comerciais decorrentes da exploração comercial do espectro, na prestação de serviços aos consumidores.

O ingresso dos agentes privados no mercado ocorre mediante um crivo particular sobre os custos e benefícios da operação. Tal julgamento leva em conta a probabilidade de aceitação em se engajar no negócio estabelecida a partir da expectativa de geração de excedentes. Trata-se de uma função dinâmica, determinada por vetores de oferta e demanda por espectro. A probabilidade de aceitação do negócio obedece às seguintes propriedades.

Propriedade 1. A função probabilidade de aceitação A_s é monotonicamente crescente para o grau de satisfação s dos agentes vendedores e compradores de espectro:

[equação 1]

$$\frac{\delta A(s)}{\delta s} > 0, \forall s > 0$$

Propriedade 2. A função de probabilidade de aceitação em função do preço do espectro $A_{s,p}$ é monotonicamente decrescente para o comprador de espectro:

[equação 2]

$$\frac{\delta A(s,p)}{\delta p} < 0, \forall p > 0$$

Propriedade 3. A função de probabilidade de aceitação em função do custo de compartilhamento $A_{s,c}$, é monotonicamente decrescente do custo do espectro:

[equação 3]

$$\frac{\delta A(s,c)}{\delta c} < 0, \forall c > 0$$

Por essas propriedades, as funções de probabilidade de aceitação em se engajar no negócio de espectro têm as seguintes propriedades de convergência:

[equação 4]

$$\lim_{s \rightarrow 0} A(s) = 0, \lim_{s \rightarrow \infty} A(s) = 1$$

[equação 5]

$$\lim_{c \rightarrow 0} A(s, c) = 1, \lim_{c \rightarrow \infty} A(s, c) = 0$$

$$\lim_{p \rightarrow 0} A(s, p) = 1, \lim_{p \rightarrow \infty} A(s, p) = 0$$

Sob essas condições, se ambos os vendedores j e compradores i de radiofrequências se engajarem no negócio, o excedente do vendedor j no tempo t é dado por $E_{j,t}$, com:

[equação 6]

$$E_t^j = D_t - C_{j,t}$$

Com o preço do negócio no período t representado por D_t e o custo para disponibilizar o excedente ocioso de seu portfólio de radiofrequências equivalente a $C_{j,t}$. Dado que o custo corresponde a soma dos custos de oportunidade em explorar a radiofrequência sozinho e o custos de compartilhamento com terceiros.

Por sua vez, o excedente do comprador i no tempo t é definido por $E_{i,t}$:

[equação 7]

$$E_t^i = V_{i,t} - D_t - A_{m,t}$$

O valor $V_{i,t}$ se refere ao valor que o comprador estaria disposto a desembolsar considerando os retornos que seriam obtidos com a exploração comercial da radiofrequência desejada. O custo administrativo $A_{m,t}$ se refere ao custeio para emissão de uma nova outorga todas as vezes que houver uma operação no mercado secundário. Esse custo é destinado ao regulador setorial, supervisor do mercado secundário.

Para fins de simulação as variáveis valor do negócio, custo de compartilhamento, preço da radiofrequência a custos e disponibilidade a pagar pelo recurso foram computadas a partir de variações aleatórias, com distribuição normal, geradas com procedimento de Monte Carlo, a partir de referências históricas médias e de desvio padrão

coletados a partir da revisão de documentos oficiais e referências públicas para o períodos de 2012 a 2021. Desse modo, os parâmetros têm função apenas referencial, para fins de simulação, e sua composição e calibragem foi validada junto a especialistas do setor¹⁵.

A tabela a seguir resume as referências adotadas para as simulações. Em síntese, o custo de compartilhamento corresponde à economia obtida em operações de compartilhamento (FREITAS et al., 2020b). O custo de oportunidade se refere ao Custo Médio Ponderado de Capital regulatório (ANATEL, 2022c). O preço médio da disponibilidade a pagar corresponde ao prêmio pago sobre o valor mínimo da radiofrequência, em Mhz/pessoa (TELECO, 2022). As referências de valores de negócio foram obtidas a partir de revisões de editais de radiofrequências e estimadas em Mhz/pessoa (TELECO, 2022). Os custos administrativos e de manutenção de plataformas de negociação foram obtidos a partir da revisão documental disponível pelo regulador setorial e por entidades designadas para essa função (ABRTelecom, 2022). O incentivo médio para os modelos de leilão foi arbitrariamente definido em 10%, com desvio padrão de 3%. Para fins de simulação todas as variáveis foram padronizadas de modo a simplificar as unidades.

Tabela 3: Referências para fins de simulações

Variável	Descrição	Valores Médio (Desvio Padrão)
Preços Mhz/pessoa	Preço mínimo de licitação em \$/MHz/Pop	0,6 \$/MHz/Pop (0,3)
Custo de oportunidade	Equivale ao Custo Médio Ponderado de Capital em %	10% (3%)
Custo de compartilhamento	Custo para compartilhamento de infraestruturas	20% (10%)
Disponibilidade a Pagar Mhz/pessoa	Prêmio sobre o valor mínimo médio da licitação em \$/MHz/Pop	3x (2x)
Custos regulatórios	Percentual sobre o valor da operação	2%
Custos de Plataformas	Custo para criação e manutenção de plataformas de negociação em mecanismos de corretagem	1% (0,5%)
Incentivo	Incentivo definido para modelos de leilão privado com incentivo	10% (5%)

O papel do regulador setorial na simulação se distribui de três maneiras. Primeiramente, como um agente de arrecadação estatal, responsável por impor e coletar taxas administrativas decorrentes das operações no mercado secundário.

A segunda maneira, de natureza eminentemente regulatória, abrange uma posição de supervisor, comum aos três mecanismos; de interventor, nos mecanismos com *broker*;

¹⁵ A calibragem das variáveis ocorreu em seção reuniões individuais junto a especialistas do setor, realizada em fevereiro de 2022. Os algoritmos de simulação podem ser disponibilizados mediante solicitação aos autores.

e, como promotor do novo mercado, por meio da adoção de incentivos na oferta de radiofrequências.

Na condição de supervisor sua atuação é de um regulador típico, com atribuições de governança do espectro e o exercício de funções de coordenação, harmonização e resolução de conflitos. Por sua vez, na condição de interventor, opera como uma instância avançada no qual deve conciliar as atividades de gerência das interações entre vendedores e compradores e, ao mesmo tempo, equilibrar os interesses dos usuários e dos participantes privados do mercado secundário. Por fim, a atuação como promotor dos resultados do novo mercado engloba a atividade de dimensionamento e calibragem dos incentivos.

Independentemente de sua função, o objetivo do regulador é sempre a maximização do bem-estar social. Esse propósito é alcançado com a fluidez do novo mercado e a maximização dos ganhos agregados que, por sua vez, implica na maior eficiência no uso do espectro, maior cobertura e melhoria da qualidade na prestação do serviço ao usuário final. Para fins de simulação, a participação do regulador ocorre apenas indiretamente, com a inserção de fatores de variação de custos e preços no mercado.

Por fim, cabe referenciar o estudo de Yoon et al. (2012). Esses autores, em adição ao excedente agregado do vendedor e do comprador de radiofrequências também simulados neste estudo, reportam contribuições sobre o excedente dos usuários dos serviços. Em sua formulação, estimam o excedente do consumidor como uma função da oferta e da qualidade do serviço. Maximizar essa utilidade dependerá da decisão dos provedores em comprar ou vender espectro de acordo com sua demanda. Tal referência leva ao entendimento de que os resultados das simulações aqui desenvolvidas são, do ponto de vista de bem-estar agregado, conservadores.

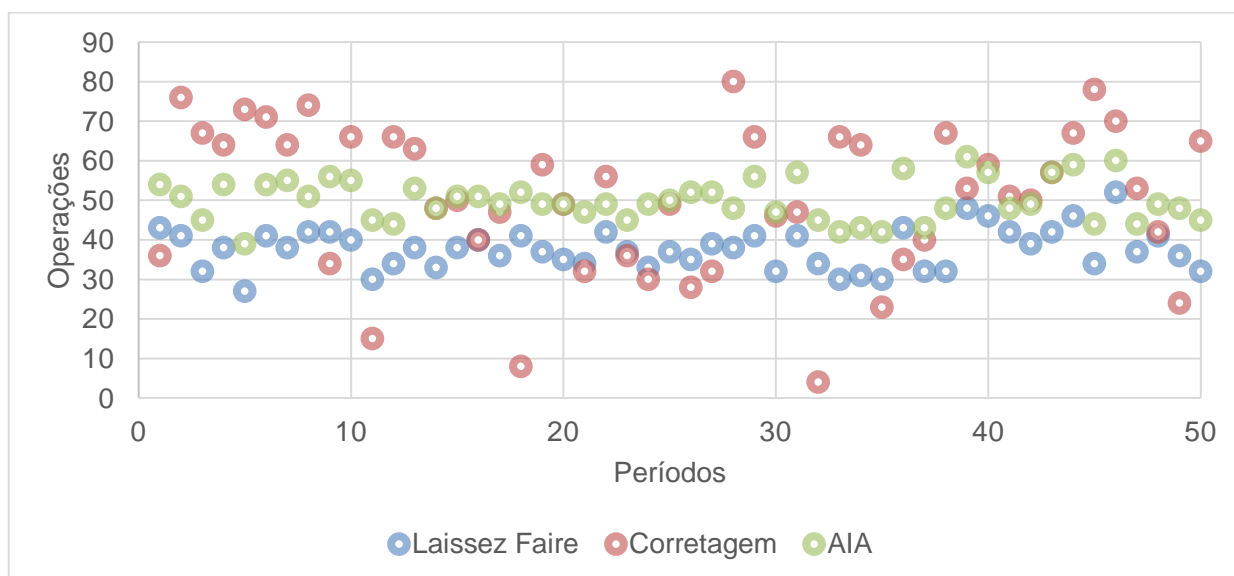
Outro potencial incremento na modelagem para estudos futuros diz respeito à introdução de um algoritmo de aprendizado por reforço, que permitiria atribuir maior dinâmica ao comportamento dos agentes ao longo das simulações no mercado secundário. Tal técnica, empregada por Tonmukayakul e Weiss (2008) e Yoon et al. (2021), mimetiza comportamento de aprendizado dos agentes face à experiência acumulada nas operações do mercado secundário. Em síntese, a satisfação histórica nas operações induz a novos negócios e, por conseqüências, à maior dinâmica do novo mercado.

4.2. Resultados das simulações

Os resultados das simulações sugerem que todos os mecanismos geram efeitos positivos face ao modelo usual, sem o mercado secundário. Em todos os casos

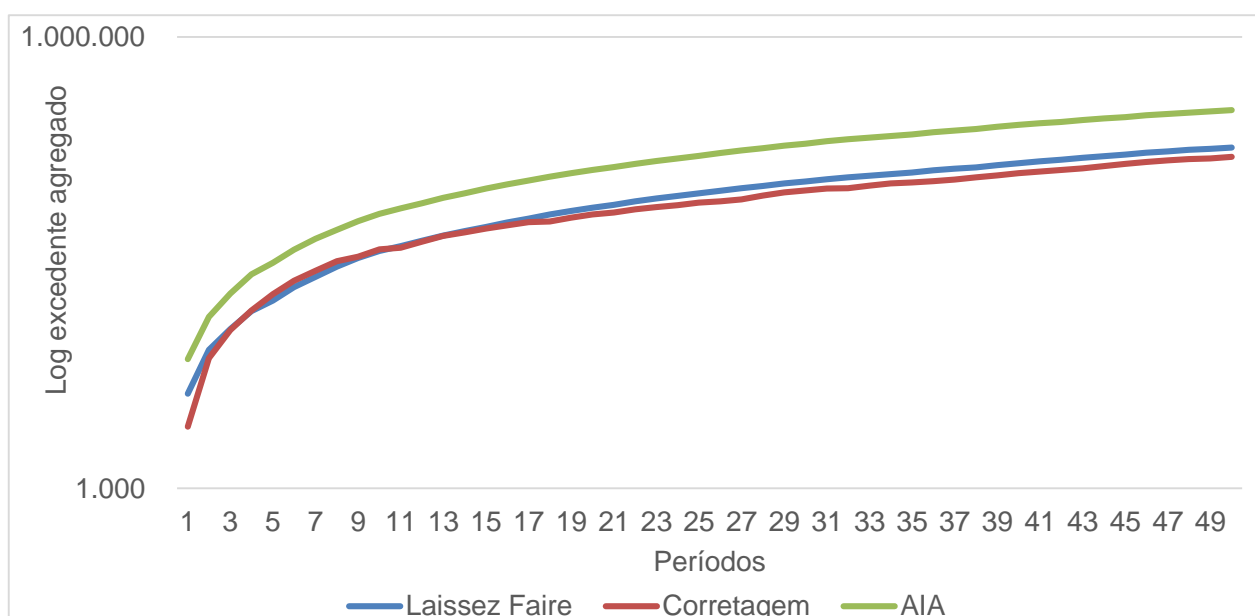
examinados, existem ganhos de liquidez e de excedentes agregados, com potencial externalidades positivas para o setor. As figuras 6 e 7 resumem os resultados das simulações numéricas.

Figura 6: Resultados das simulações: negociações (*deals*) no mercado secundário



O mecanismo de corretagem demonstra um desempenho superior quando se leva em conta o número de operações bem-sucedidas (*deals*). Isso decorre da transparência subjacente a esse mecanismo que reduz o preço de entrada para consumidores de espectro e, desse modo, assegura maior dinâmica comercial entre os agentes envolvidos. Tal dinâmica, todavia, ocorre em detrimento dos excedentes dos vendedores de espectro que, no limite, resumem seus ganhos ao custo de oportunidade embutido na mecânica de precificação definida pelo regulador setorial.

Figura 7: Resultados das simulações: excedente agregado acumulado para 50 períodos



Por sua vez, quanto aos ganhos agregados, o mecanismo de AIA supera os demais. Tal fenômeno decorre, principalmente, em função da introdução de incentivos no sistema, o que aumenta a propensão do vendedor a se engajar em novas operações no mercado secundário. Em adição, quando comparado ao mecanismo de corretagem, o AIA revela-se menos oneroso do ponto de vista transacional.

Os resultados dos experimentos revelam algumas lições sobre o desempenho dos mecanismos. O primeiro diz respeito à posição de *second-best* ocupada pelo mecanismo de *laissez-faire*. Esse *status* foi obtido para os ganhos agregados e para o número de *deals* no novo mercado. Nas circunstâncias postas esse mecanismo seria, à despeito ser um potencial impulsionador do novo mercado face ao cenário básico, a opção com menor impacto relativo para fins de liquidez e agregação de valor.

Por sua vez, os resultados para as simulações dos mecanismos de corretagem e de leilão revelam ganhos superiores e, principalmente, fornecem *insights* econômicos sobre a estratégia a ser adotada para o desenvolvimento do novo mercado. Se a opção do arquiteto do mecanismo for privilegiar a quantidade de negócios nesse mercado, a opção de corretagem se sobressai. Apesar da maior variância relativa na quantidade de *deals* ao longo dos 50 períodos simulados, o mecanismo de corretagem revela-se, no conjunto, o maior promotor de novos negócios.

Por outro lado, se a motivação do formulador dos mecanismos for pelo estímulo ao ganho agregado no novo mercado, a opção com melhor desempenho é o modelo de leilões com incentivos. Os resultados das simulações para esse mecanismo relevam um desempenho superior em termos de ganhos agregados para todos os períodos avaliados. Tal condição é obtida em função da introdução de incentivos para o fornecedor do recurso, de modo a retirá-lo da condição de inercia e lançar-se no novo mercado. Também, por incrementar os excedentes relativos do vendedor de espectro face à redução dos seus custos de compartilhamento das radiofrequências, amortecidos em função dos incentivos.

Incrementos na modelagem do desempenho dos mecanismos gerais poderiam incluir avaliações dinâmicas sobre o desempenho da utilidade marginal dos negócios face à evolução da quantidade de negociações no mercado secundário em uma dada região. Esse tipo de variável poderia, com o uso de técnicas analíticas complementares às utilizadas neste estudo, explicar os efeitos da competitividade e da saturação no mercado de espectro e orientar novas soluções de promoção da liquidez.

Nessa mesma linha, seria possível modelar a intercambialidade dos mecanismos gerais, aos moldes do que sugeriu Tonmukayakul e Weiss (2008). Esses autores

simularam um mix de solução de mercado e incluíram no modelo um algoritmo de aprendizado que permitiria aos agentes, vendedores e compradores de espectro, escolher qual modelo de negócio melhor se adequa aos seus interesses ao longo do tempo.

5. Implicações sobre a regulação, o direito de uso e as políticas públicas setoriais.

A criação do mercado secundário no Brasil inaugura uma nova perspectiva sobre a gestão e o direito de uso de espectro no país. Seus efeitos abrangem benefícios econômicos associados à maior competição na prestação de serviços, a eficiência no uso do espectro e na composição dos ativos transacionáveis no setor de telecomunicações.

Nesse cenário, prestadores de serviços sem fio podem se beneficiar diretamente do mercado secundário. Em particular, empresas regionais ou locais, que já atuam com êxito em regiões com menor atratividade econômica (CGI.br, 2018), de modo individual ou em consórcios, podem promover maior dinâmica na oferta de serviços de dados de alto valor agregado no interior do país.

Para que esse novo mercado seja efetivo e promova a liquidez esperada, as autoridades reguladoras devem fomentar arranjos que propiciem seu desenvolvimento. O aprimoramento dos instrumentos de governança, orientados à sincronização das modalidades de serviços e tecnologias empregadas, à criação de plataformas digitais para registro dos eventos comerciais, ao fortalecimento dos órgãos de monitoramento do uso de espectro e à garantia de concorrência e de resolução de conflitos são alguns exemplos de iniciativas desejáveis.

Do ponto de vista da legalidade, cabe um debate qualificado sobre o direito de uso e transferência desse direito entre entes privados. Abrange uma discussão sobre sua duração, a abrangência e o tipo de intercâmbio de titularidade da licença, seu compartilhamento, agregação ou sua troca. Um debate *ex ante* sobre esses temas é fundamental para assegurar a segurança jurídica do novo mercado, com implicações para o surgimento de novos modelos de negócios e maior investimento privado.

Nessas circunstâncias, o direito de uso resultante de arranjos do mercado secundário pode ser estabelecido sobre bases geográficas, duração e submissão a termos de proteção de interferência e de governança. O direito de uso por um período limitado ou sujeito a múltiplas prorrogações não impede a retomada dos recursos dentro das hipóteses legais, como a de seu uso indevido. Essa condição reforça os limites do direito de sua exploração.

Apesar dos benefícios agregados do novo mercado é preciso reconhecer seus potenciais efeitos colaterais. Ações adversas decorrem de incertezas sobre a demanda do mercado, as limitações de racionalidade dos agentes e as eventuais ações oportunistas que podem impor prejuízo à expectativa de ganho do bem-estar geral.

A atuação regulatória, como supervisora do sistema ou em diferentes graus de intervenção, pode prever medidas responsivas de adequação dinâmica do novo mercado. Essas medidas podem, por um lado, mitigar arranjos sub-ótimos e a propagação de uma subcultura de judicialização e, por outro, promover o uso mais intenso do mercado em localidades de reconhecido interesse social.

5.1. Governança: fundamentos para redução dos custos transacionais, mínima intervenção e promoção da liquidez no novo mercado.

Quanto às políticas públicas, é necessário esclarecer que elas são balizadoras dos tipos de alocações no mercado secundário. Por exemplo, políticas de ampliação da cobertura podem orientar arranjos voltados à comercialização de espectro em áreas rurais, remotas ou fronteiriças. As políticas de inclusão digital podem favorecer o mercado de espectro em franjas urbanas e periferias de grandes cidades. Ações voltadas à conectividade rural têm o potencial de alavancar a comercialização de espectro em mercado secundário para polígonos de interesse para o agronegócio, e assim por diante.

A atuação do regulador na instrumentalização das políticas públicas é fundamental para a liquidez e a obtenção dos ganhos esperados. Neste ponto as diretrizes da Lei de Liberdade Econômica se sobressaem por orientarem uma atuação estatal baseada em princípios de baixa intervenção. Essa atuação mais principiológica e menos interventora pode impulsionar uma diversidade de arranjos comerciais bem como a flexibilidade necessária para permitir negócios em regiões carentes de infraestruturas e serviços.

Nesse contexto, a governança do sistema, com a publicização de informações confiáveis e a disponibilidade de uma plataforma de negociação transparente surgem como instrumentos de viabilização dos negócios no plano regulatório. Ainda nesse escopo se inserem as soluções de arbitragem e resolução de conflitos em prol da harmonização dos interesses público e privado em temas como precificação das radiofrequências, gestão da eficiência de uso do recurso, e relação com os usuários dos serviços.

6. Conclusão

O desenvolvimento de modernos serviços de telecomunicações, possibilitado por novas tecnologias sem fio, a redução de custos e as mudanças de hábitos de consumo geram uma crescente demanda por espectro. O mercado secundário de radiofrequências, consolidado nos termos da Lei nº 13.879/2019, e inspirado nas diretrizes da Declaração de Liberdade Econômica (Lei nº 13.874/2019), surge como uma oportunidade para promover ganhos de eficiência no uso e na alocação mais sustentável desse recurso escasso e melhoria da conectividade de regiões carentes de serviços e infraestrutura de telecomunicações.

Essa característica revela um *locus* particularmente favorável aos provedores de serviços regionais, cujo desempenho tem mostrado maior eficiência relativa em regiões com menor atividade econômica. Para os operadores tradicionais, titulares majoritários do recurso, a opção de transferência de direito de uso ou arrendamento de capacidade espectral ociosa também representa uma oportunidade de negócio. Entende-se que, ao ceder sua capacidade ociosa, esses prestadores podem obter ganhos de eficiência operacional e menores os custos decorrentes da retenção desse recurso.

Este estudo revisa mecanismos gerais de promoção da liquidez no mercado secundário de espectro no Brasil e faz aferições sobre seu desempenho relativo. Em adição aos esforços originais nessa disciplina, à exemplo daqueles providos por Yoon et al. (2012), Freitas et al., (2020a) e López et al. (2021) a ênfase aqui é atribuída ao cenário brasileiro, suas idiossincrasias regulatórias e legais, os custos de transação e os potenciais incentivos necessários para promover liquidez nesse mercado.

Ao propor aferições sobre a eficiência dos mecanismos gerais espera-se ter agregado valor ao incipiente debate sobre o desenho do novo mercado. Nesse ponto, os autores entendem que as evidências apresentadas, ainda que em caráter experimental, dada a inexistência de operações práticas no mercado secundário de espectro no Brasil, têm utilidade para fornecer intuições econômicas necessárias para o desenho de mecanismos e contribuir com a elaboração da regulação atualmente em curso e a formulação de futuras políticas públicas.

Os modelos desenvolvidos, elaborados a partir do estado da arte da modelagem tecno-econômica, com o uso de economia computacional baseada em agentes, servem para antecipar comportamentos dos agentes no mercado estudado e, desse modo, qualificar o debate sobre o tema de mercado secundário de espectro. Incrementos a essa

perspectiva experimental podem ser almejados com a combinação de outros métodos empíricos, à medida que a dinâmica do mercado começa a gerar resultados.

Em todos os casos simulados os resultados revelam ganhos no número de negócios e de geração de excedentes, com potenciais efeitos sobre a eficiência na alocação do espectro, adição de valor às radiofrequências, incremento da competição e na ampliação da prestação dos serviços móveis. Dentre os mecanismos analisados o de *laissez-faire* é considerado *second-best* por retornar ganhos relativos e de liquidez inferiores aos obtidos nos mecanismos de corretagem e de leilão.

O mecanismo de leilão de radiofrequências com incentivos (AIA) é o que retorna maior excedente agregado. Em outros termos, negócios nesse mecanismo permitem maximizar os excedentes dos agentes envolvidos, obtidos pela diferença entre os custos e benefícios de se engajarem no negócio.

O modelo de leilão também se mostra compatível com a expectativa de mínima intervenção regulatória prevista na Declaração de Liberdade Econômica. Assim, nas circunstâncias postas, o valor final da precificação das radiofrequências ocorreria sobre bases competitivas e os incentivos propostos estariam alinhados com as melhores práticas de responsividade em debate no setor (ANATEL, 2018e). Nesse mesmo passo, o mecanismo, em função dos ganhos agregados que introduz no sistema, tem o potencial de favorecer a implantação de novas tecnologias, produtos e serviços em benefício da sociedade brasileira.

Por sua vez, o modelo de corretagem é o que provê, também em termos relativos, maior liquidez, medida pelo número de operações bem-sucedidas (*de las*). Tal condição ocorre quando ambos os fornecedores e compradores de radiofrequências apresentam ganhos nas operações, independentemente do tamanho dos excedentes.

As duas propriedades observadas são desejáveis em mercados secundários. Nessa perspectiva, o regulador enfrentaria um *trade-off* entre liquidez e bem-estar, caso tivesse que ser submetido a uma escolha do tipo *once for all option* entre corretagem e AIA. Contudo, a exemplo de outras práticas no setor há espaço para atenuação destes tipos de dilemas. A flexibilidade proporcionada por experimentos regulatórios, na mesma perspectiva das regulações do tipo *sandbox*, já implementadas em outros segmentos da regulação econômica, pode proporcionar soluções neste sentido. Um desenho de mecanismo em múltiplos estágios poderia constituir uma proposta de experimento regulatório, por exemplo.

Por fim, este estudo elucida uma faceta ainda pouco explorada da Declaração de Liberdade Econômica (BRASIL, 2019a) como impulsionadora de novos mercados no setor

de telecomunicações. Inclui-se nesse escopo o mercado secundário de espectro, abordado neste artigo; o mercado de debêntures incentivadas¹⁶, revisado pela Portaria nº 502/2020 (MCOM, 2020); e, o mercado de postes, atualmente sob escrutínio da sociedade (ANEEL, 2021; ANATEL, 2022b).

Referências

ABR Telecom. **Sistema de Negociações de Ofertas de Atacado**. ABRTÉLECOM: Brasília, 2022.
AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. **Resolução nº 396/2005 – Aprova o Regulamento de Separação e Alocação de Contas**. Brasília: ANATEL, 2005.

_____. **Resolução nº 550/2010: Regulamento sobre Exploração de Serviço Móvel Pessoal – SMP por meio de Rede Virtual (RRV-SMP)**. Brasília: ANATEL, 2010.

_____. **Resolução nº 639/2014: Norma para fixação dos valores máximos das tarifas de uso de rede fixa do STFC, dos valores de referência de SMP e de EILD, com base em Modelos de Custos**. Brasília: ANATEL, 2014.

_____. **Resolução nº 671/2016: Regulamento de Uso do Espectro de Radiofrequências e altera o Regulamento de Cobrança de Preço Público pelo Direito de Uso de Radiofrequências**. Brasília: ANATEL, 2016.

_____. **Processo nº 53500.014958/2016-89: Projeto Estratégico de Reavaliação do Modelo de Gestão do Espectro**. Brasília: ANATEL, 2018a.

_____. **Resolução nº 703/2018: Estabelece Limites Máximos de Quantidade de Espectro de Radiofrequências**. Brasília: ANATEL, 2018b.

_____. **Resolução nº 694/2018: Altera o Plano Geral de Metas de Competição – PGMC**. Brasília: ANATEL, 2018c.

_____. **Resolução nº 695/2018: Regulamento de Cobrança de Preço Público pelo Direito de Uso de Radiofrequências**. Brasília: ANATEL, 2018d.

_____. **Consulta Pública nº 53/2018: Regulamento de Fiscalização Regulatória**. Brasília: ANATEL, 2018e.

_____. **Processo nº 53500.025122/2014-48: Adimplemento de compromissos de abrangência previstos no Edital de Licitação nº 004/2012/SPV**. Brasília: ANATEL, 2019a.

_____. **Processo nº 53500.012178/2019-47: Reavaliação da regulamentação sobre uso do espectro**. Brasília: ANATEL, 2019b.

_____. **Processo nº 53500.066038/2021-11: Licitação de radiofrequências 700 MHZ e 2.3, 3.5 e 26 GHZ**. Brasília: ANATEL, 2021.

¹⁶ Para projetos de investimento prioritários em infraestrutura no setor de telecomunicações.

_____. **Agenda Regulatória 2021-2022, Item 20: Recursos à prestação, Espectro de radiofrequências.** Disponível em: <https://sistemas.anatel.gov.br/anexar-api/publico/anexos/download/5c87f7cb798332bf9d890d0fded916bf>. ANATEL: Brasília, 2022a.

_____. **Consulta Pública nº 17/2022: Obter subsídios para a AIR de compartilhamento de infraestrutura.** ANATEL: Brasília, 2022b.

_____. **Custo Médio Ponderado de Capital – CMPC.** ANATEL: Brasília, 2022c.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Consulta Pública nº 073/2021: Obter subsídios para a AIR de compartilhamento de infraestrutura.** ANEEL: Brasília, 2021.

AMARAL, Bruno. Anatel, Abrint e DSA acreditam em demanda por mercado secundário; Claro não vê potencial. **Teletime: Espectro,** 2020. Disponível em: <https://teletime.com.br/23/06/2020/anatel-abrint-e-dsa-acreditam-em-demanda-por-mercado-secundario-claro-nao-ve-potencial/>

ARROW, K.J. A difficulty in the concept of social welfare. **Journal of Political Economy**, 58, p. 328–346, 1950.

BRASIL. **Lei nº 13.874/2019: Institui a Declaração de Direitos de Liberdade Econômica.** Brasília: Presidência da República, 2019a.

BRASIL. **Lei nº 13.879/2019: Altera a Lei nº 9.472/1997, para permitir a adaptação da modalidade de outorga de serviço de telecomunicações de concessão para autorização.** Brasília: Presidência da República, 2019b.

COASE, Ronald. The Federal Communications Commission. **Journal of Political Economy**, II (2) J. Law. & Econ, v. 1, 1959.

COLLIER, Nicholson T., OZIK, Jonathan, e TATARA, Eric. R. Experiences in Developing a Distributed Agent-based Modeling Toolkit with Python. **2020 IEEE/ACM 9th Workshop on Python for High-Performance and Scientific Computing (PyHPC)**, 1–12, 2020.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL – CGI.br. **Banda Larga no Brasil: um estudo sobre a evolução do acesso e da qualidade das conexões à Internet.** Cadernos NIC.br - Estudos Setoriais. São Paulo: NIC.br, 2018.

DAOUD, Ashraf A., ALANYALI, Murat, STAROBINSKI, David. **Secondary pricing of spectrum in cellular CDMA networks**, in: Proceedings of IEEE DySPAN, 2007.

EISENHARDT, Kathleen. Agency theory: An assessment and review. **Academy of Management Review**, 14, pp. 57-74, 1989.

ELECTRONIC COMMUNICATIONS COMMITTEE -ECC. **Report 205.** ECC: Copenhagen, 2014.

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION – FCC. **Promoting Efficient Use of Spectrum Through Elimination of Barriers to the Development of Secondary Markets.** Notice of proposed rulemaking (FCC 00-402). FCC: Washington, 2000.

_____. **The FCC's 5G FAST Plan.** Office of Chairman Pai. FCC: Washington, 2018.

_____. **Notice of Proposed Rulemaking FCC nº 19-22.** FCC: Washington, 2018.

_____. **Policy Statement in the Matter of Principles for Promoting the Efficient Use of Spectrum by Encouraging the Secondary Markets**. Washington: FCC, 2000.

FREITAS, Luciano Charlita et al. Foundations for the Design of Mechanisms to Fostering Liquidity in the Secondary Spectrum Market in Brazil. **Law, State and Telecommunications Review**, v. 12, n. 1, p. 187–204, 2020a.

FREITAS, Luciano Charlita et al. Economia do compartilhamento de infraestruturas no setor de telecomunicações brasileiro: inventário e desenho de um mecanismo geral. **Revista Latinoamericana de Economia y Sociedad Digital**, 1, 76-95, 2020b.

FREYENS, Benoît P. Shared or exclusive radio waves? A dilemma gone astray. **Telematics and Informatics** 27, p. 293-304, 2009.

FURTADO, Bernardo A., LASSANCE, Antonio. Simulações computacionais aplicadas à tomada de decisão pública. In: Koga, Natália M. et al. **Políticas públicas e usos de evidências no Brasil: conceitos, métodos, contextos e práticas**. IPEA: Brasília, 2022.

UNIÃO INTERNACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – UIT. Economic aspects of spectrum management. Report ITU-R SM.2012-4 (06/2014), ITU: Genebra, 2014.

JENSEN, Michel, MECKLING, William. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs, and ownership structure. **Journal of Financial Economics**, 3, pp. 305-360, 1976.

LEHR, William. Economics of spectrum sharing, valuation, and secondary markets. **Spectrum Sharing: The Next Frontier in Wireless Networks, First Edition**, Ed Papadias et al. Slock. John Wiley & Sons Ltd, 2020.

LYONS, Daniel. Secondary markets can pave the way for rapid 5G deployment. American Enterprise Institute. **AEIdeas**, 2019.

LÓPEZ, Luiz G.A., LIMA, Rafael C., POVEDA, Martin. REAL 5G: uma alternativa para a renovação de licenças e para implementação de um mercado secundário de espectro radioelétrico no Brasil. **Documento para discussão nº IDB-DP-850**. BID: Washington, 2021.

MARSDEN, Richard, IHLE, Hans-Martin. 2018. Mechanisms to incentivise shared-use of spectrum. **Telecommunications Policy**, Volume 42, Issue 4, p. 315-322, 2018.

MARSDEN, Richard, IHLE, Hans-Martin, TRABER, Peter. The Impact of High Spectrum Costs on Mobile Network Investment and Consumer Prices. **22nd Biennial Conference of the International Telecommunications Society (ITS): "Beyond the Boundaries: Challenges for Business, Policy and Society"**, Seoul, Korea, 24 a 27 de junho, 2018.

MINISTÉRIO DAS COMUNICAÇÕES (MCOM). **Portaria nº 502/2020: Procedimentos de aprovação e acompanhamento dos projetos de investimento considerados como prioritários em infraestrutura no setor de telecomunicações**. Ministério das Comunicações: Brasília, 2020.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA (ME). **Guia de Advocacia da Concorrência**. Secretário Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade, Ministério da Economia: Brasília, 2020.

_____. **Parecer nº 3277/2022/ME: reavaliação da regulamentação de mercados relevantes do PGMC.** Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade, Ministério da Economia: Brasília, 2022.

MYERSON, Roger, SATTERTHWAITE, Mark. Efficient mechanisms for bilateral trading. **Journal of Economic Theory** 28, p. 265-281, 1983.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-OECD. Secondary Markets for Spectrum. **OECD Digital Economy Papers**, nº 95, OECD: Paris, 2005.

_____. **Avaliação da OCDE sobre Telecomunicações e Radiodifusão no Brasil 2020.** OECD: Paris, 2020.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO-OECD/INTER-AMERICAN DEVELOPMENT BANK -OCDE/IDB. **Broadband Policies for Latin America and the Caribbean: A Digital Economy Toolkit.** OECD: Paris, 2016.

SILVA, Abraão Balbino. Remuneração das Redes de Telefonia Móvel no Brasil. **Regulação Econômica, VI Prêmio SEAE - 2011.** ENAP: Brasília, 2011.

SPILLER, Pablo, CARDILLI, Carlo G. Towards a property rights approach to communications spectrum. **Yale Journal on Regulation** 16 (1), p. 53-83, 1999.

TELECO. **Licitações de frequências de celular.** TELECO: São José dos Campos, 2022, disponível em: <https://www.teleco.com.br/licitacoes.asp>.

TESFATSION, Leigh. Agent-based computational economics: modeling economies as complex adaptive systems. **Information Sciences** 149, 263–269, 2003.

THE OFFICE OF COMMUNICATIONS - OFCOM. **Award of the 700 MHz and 3.6-3.8 GHz spectrum bands.** London: OFCOM, 2019.

TONMUKAYAKUL, Arnon, WEISS, Martin B. H. A study of secondary spectrum use using agent-based computational economics. **Netnomics** 9:125–151, 2008.

VALLETTI, Tommaso. Spectrum trading. **Telecommunications Policy**, v. 25, p. 655–670, 2001.

WILENSKY, Uri. **NetLogo.** Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, 1999.

YOON, Hyenyong; HWANG, Junseok; WEISS, Martin B.H. An analytic research on secondary-spectrum trading mechanisms based on technical and market changes. **Computer Networks** 56, p. 3–19, 2012.

XAVIER, Patrick, YPSILANTI, Dimitri. Policy issues in spectrum trading. **INFO**, v. 8(2), p. 34–61, 2006.