

Os riscos climáticos

“O risco físico nos lembra o quanto somos vulneráveis, enquanto o risco de transição nos mostra o quanto somos poderosos para mudar nosso destino. Abraçar ambos é crucial para as finanças do futuro”.

Antonio Guterres³⁷



Definição de riscos físicos e transitórios

Os riscos associados às mudanças climáticas podem ser analisados tanto do ponto de vista de sua natureza, para entender suas características e evolução, quanto do ponto de vista do impacto que podem ter sobre as organizações, os indivíduos e a sociedade em geral. No âmbito da elaboração do Sexto Relatório de Avaliação (AR6), o próprio IPCC abordou o conceito de riscos associados às mudanças climáticas e sua tradução particular para os setores financeiro e de investimentos. Nessa análise, o IPCC define o conceito de risco da seguinte forma:

"Potenciais consequências adversas para sistemas humanos ou ecológicos, reconhecendo a diversidade de valores e objetivos associados a esses sistemas. No contexto da mudança climática, os riscos podem surgir dos possíveis impactos da mudança climática, bem como das respostas humanas à mudança climática. As consequências adversas relevantes incluem aquelas que afetam vidas, meios de subsistência, saúde e bem-estar, bens e investimentos econômicos, sociais e culturais, infraestrutura, serviços (incluindo os serviços ecossistêmicos), ecossistemas e espécies"³⁸.

No setor financeiro, esses riscos foram interpretados em termos dos possíveis riscos financeiros e não financeiros que podem se derivar de tais consequências adversas. Assim, o NGFS, com base nas definições originais do TCFD³⁹, classifica os riscos climáticos em duas áreas amplas^{40,41}:

- ▶ **Riscos físicos:** riscos decorrentes da ocorrência de fenômenos meteorológicos e climáticos, como ondas de calor, inundações, tempestades etc. (riscos agudos), ou da mudança progressiva dos padrões meteorológicos ou climáticos, como aumento de temperatura, elevação do nível do mar, desertificação, perda gradual de ecossistemas e biodiversidade ou escassez de recursos (riscos crônicos).
- ▶ **Riscos de transição:** riscos decorrentes dos processos de ajuste para economias circulares e de baixo carbono, por meio de elementos como mudanças em políticas e regulações, tecnologia ou mudanças no sentimento do mercado.

Portanto, para o setor financeiro e de seguros, a gestão dos riscos associados às mudanças climáticas exige a quantificação prévia dos impactos desses dois riscos em sua atividade e, em particular, em sua capacidade de ampliar os riscos tradicionais. Por exemplo, o risco de crédito pode ser ampliado, entre outros, pelos seguintes elementos⁴²: (i) a perda econômica dos investimentos em carteiras de crédito ou ativos financeiros de investimento (tanto na carteira banking quanto na carteira trading), resultante do impacto negativo no valor dessas carteiras determinado pela deterioração dos parâmetros de crédito; (ii) a perda de valor dos ativos físicos das contrapartes;

(iii) o aumento potencial de perdas operacionais; (iv) a deterioração da posição de liquidez da instituição; (v) o aumento do risco de negócio (obtenção de rendimentos inferiores aos esperados para um investimento); (vi) perdas associadas a apólices de seguro subscritas; ou (vii) perdas potenciais decorrentes da deterioração da reputação.

Dada a relevância dos impactos sobre as carteiras de crédito e investimento, as metodologias de mensuração relacionadas a essa área foram desenvolvidas e aplicadas com maior intensidade no setor financeiro e de seguros. Na seção a seguir, são apresentadas diferentes alternativas metodológicas para mostrar como os impactos dos riscos físicos e de transição podem ser quantificados.

Mensuração dos riscos físicos

Esta sessão examina diferentes aspectos metodológicos da mensuração dos riscos físicos associados às mudanças climáticas. Primeiro, se descrevem os cenários físicos que servem como ponto de partida para o desenvolvimento da projeção do impacto dos riscos relacionados ao clima e seus efeitos futuros; em seguida, é apresentada a metodologia para avaliar o impacto dos riscos físicos sobre o valor das garantias; posteriormente, é feita uma análise do impacto desses riscos nas carteiras de crédito e ativos financeiros de investimento, explorando métodos para quantificar o risco e seu possível impacto no valor dos ativos; e por fim, é examinada a metodologia para medir os riscos físicos nas carteiras de seguros de danos e de vida.

Cenários físicos

Para a análise dos riscos físicos, é necessário considerar diferentes cenários, que incluem projeções de possíveis evoluções futuras das condições climáticas e seu impacto na terra, nos oceanos e na atmosfera, em diferentes áreas geográficas. Nesse contexto, o IPCC AR6 usa uma combinação

³⁷Antonio Manuel de Oliveira Guterres (2021), Secretário-Geral das Nações Unidas

³⁸IPCC (2020).

³⁹Task Force on Climate-Related Financial Disclosures.

⁴⁰NGFS (2020).

⁴¹Além disso, pode haver outras perdas associadas a ações judiciais, conhecidas como "risco de responsabilidade".

⁴²Para uma análise mais detalhada, consulte BCE (2020). Capítulo 3.

de modelos climáticos e trajetórias socioeconômicas para compreender os impactos das mudanças climáticas em diferentes cenários.

Os principais cenários considerados no AR6 são as Shared Socio-economic Pathways (SSP), que descrevem possíveis futuros socioeconômicos globais, e os Representative Concentration Pathways (RCP), que representam diferentes níveis de concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. Esses dois conjuntos de trajetórias são combinados para formar cenários globais que refletem tanto o impacto das emissões de gases de efeito estufa quanto os caminhos socioeconômicos futuros, fornecendo um quadro mais completo de como o clima e a sociedade podem evoluir em diferentes contextos.

Shared Socio-Economic Pathways (SSPs). Os SSPs preveem 5 maneiras diferentes pelas quais os agentes socioeconômicos poderiam configurar a sociedade futura:

- a) **SSP1** ("Sustentabilidade"): um mundo que avança em direção à sustentabilidade, caracterizado por uma maior cooperação internacional e esforços conjuntos para atingir as metas de desenvolvimento sustentável de forma equitativa entre os países.
- b) **SSP2** ("Middle of the Road"): um cenário no qual as tendências seguem sua trajetória histórica, com progresso lento, mas constante, em direção às metas ambientais.
- c) **SSP3** ("Rivalidade Regional"): um cenário de crescente nacionalismo e desafios regionais, levando a políticas ambientais fragmentadas e menor cooperação global.
- d) **SSP4** ("Desigualdade"): um mundo cada vez mais desigual.
- e) **SSP5** ("Desenvolvimento baseado em combustíveis fósseis"): um cenário baseado no crescimento econômico com uso intensivo de combustíveis fósseis.

Representative Concentration Pathways (RCP)⁴³:

- a) **RCP1.9**: cenário de baixa emissão com o objetivo de limitar o aquecimento global a 1,5 °C até o final do século.
- b) **RCP2.6**: cenário de baixas emissões no qual são alcançadas reduções significativas de gases de efeito estufa (GEE), com o objetivo de limitar o aquecimento global a 1,7°C até o final do século.
- c) **RCP4.5** e **RCP6.0**: cenários de emissões intermediárias a altas, que pressupõem políticas relativamente ambiciosas para reduzir as emissões na segunda metade do século. Nesses cenários, o aquecimento global pode chegar a 2,6°C e 3,1°C, respectivamente, até o final do século.
- d) **RCP8.5**: cenário de altas emissões, representando a ausência de políticas climáticas e um aumento contínuo das emissões ao longo do século XXI. Neste cenário, o



aquecimento global poderia atingir um máximo de 4,8°C até o final do século.

Em seu sexto relatório (AR6), o IPCC propôs quatro combinações de cenários SSP e RCP como cenários padrão, denominadas combinações SSPX-Y, que estão associadas a diferentes níveis de aquecimento global até o final do século em relação ao nível pré-industrial. Essas combinações possibilitam a representação de diversas trajetórias de desenvolvimento e resposta às mudanças climáticas.

Os cenários SSPX-Y mesclam os Shared Socioeconomic Pathways (SSP) com os Representative Concentration Pathways (RCP), com base nos níveis de forçamento radiativo. O forçamento radiativo mede a mudança no balanço energético da Terra devido às emissões de gases de efeito estufa, permitindo que os cenários sejam classificados em diferentes níveis, como SSP1-1.9 ou SSP1-2.6, dependendo do grau de impacto projetado.

Ao combinar projeções socioeconômicas com níveis de concentração de gases de efeito estufa, esses cenários fornecem uma visão mais coerente do futuro sob diferentes combinações de desenvolvimento socioeconômico e políticas climáticas, permitindo uma avaliação dos níveis prováveis de aquecimento global e seus impactos no clima ao longo do século.

Esses cenários permitem a projeção de valores associados a diferentes variáveis climáticas (precipitação em milímetros de chuva, velocidade do vento próximo à superfície, evaporação, incluindo sublimação e transpiração, temperatura máxima diária do ar próximo à superfície, etc.) em cada momento até

⁴³O número associado a cada RCP representa o nível de forçamento radiativo no ano de 2100, expresso em watts por metro quadrado (W/m²), resultante das emissões cumulativas de gases de efeito estufa.



pelo menos 2100 (com granularidade diária ou mensal, dependendo do modelo subjacente à geração da variável) e para diferentes latitudes e longitudes do globo (geralmente com 1° de latitude, embora existam projetos desagregados geograficamente para ampliar essa granularidade, como o Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment ou CORDEX⁴⁴).

Entretanto, embora a projeção da evolução dessas variáveis seja o ponto de partida para a quantificação, é necessário caracterizar a ocorrência dos chamados "perigos". Estes se referem à possibilidade de eventos climáticos, como enchentes, tempestades, ondas de calor ou secas, que podem causar perda de vidas, ferimentos ou outros impactos à saúde, bem como danos materiais à propriedade, infraestrutura, meios de subsistência, serviços, ecossistemas e recursos naturais.

Por exemplo, o risco de inundação pode ser estimado considerando-se variáveis físicas, como a quantidade de precipitação em um período. Se essas variáveis excederem determinados limites, haverá uma maior probabilidade de uma inundação com consequências graves.

⁴⁴<https://cordex.org/>.

⁴⁵Em relação ao nível pré-industrial.

Os principais cenários da SSPX-Y são os seguintes (vide resumo no quadro da Figura 6):

- i. **SSP1-1.9:** representa uma das trajetórias mais ambiciosas em termos de mitigação das mudanças climáticas. Esse cenário combina o SSP1, que descreve um futuro mais sustentável e cooperativo, com um forçamento radiativo muito baixo de 1,9 watts por metro quadrado (W/m^2) até 2100. É um dos cenários projetados para limitar o aquecimento global a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, de acordo com a meta estabelecida no Acordo de Paris sobre mudanças climáticas.
- ii. **SSP1-2.6:** combina o cenário SSP1 com um forçamento radiativo de 2,6 W/m^2 . Esse cenário pressupõe ações rápidas e eficazes para mitigar as mudanças climáticas.
- iii. **SSP2-4.5:** combina o SSP2, que pressupõe um progresso no qual nem as preocupações ambientais nem as políticas econômicas assumem um papel dominante, com uma força radiativa de 4,5 W/m^2 até 2100. Esse cenário reflete um mundo no qual o desenvolvimento segue um caminho intermediário, sem um forte impulso em direção à sustentabilidade global, mas tampouco em direção a um modelo intensivo em combustíveis fósseis.
- iv. **SSP3-7.0:** usa o cenário SSP3, que reflete um mundo fragmentado com conflitos regionais e o combina com uma força de 7,0 W/m^2 . Esse cenário mostra menos cooperação internacional e maiores desafios na mitigação das mudanças climáticas.
- v. **SSP5-8.5:** integra o cenário SSP5, um mundo centrado no crescimento econômico baseado em combustíveis fósseis, com um forçamento elevado de 8,5 W/m^2 . Ele representa um cenário de altas emissões sem ações significativas para reduzir as emissões de carbono.

Figura 6: Resumo dos principais cenários físicos do IPCC SSPX-Y.

Cenário	Aquecimento global em 2100 ⁴⁵	Riscos físicos
SSP1-RCP1.9 (SSP1-1.9)	1,0 °C - 1,5 °C	Baixo
SSP1-RCP2.6 (SSP1-2.6)	1,0 °C - 1,8 °C	Baixo
SSP2-RCP4.5 (SSP2-4.5)	2,1 °C - 3,5 °C	Moderado
SSP3-RCP7.0 (SSP3-7.0)	2,8 °C - 4,6 °C	Alta
SSP5-RCP8.5 (SSP5-8.5)	3,3 °C - 5,7 °C	Muito alto

Figura 7: Exemplos de limites para definir perigos.

Perigo	Variável	Índice composto	Limites (exemplo ilustrativo ⁴⁶)	Limites (exemplo ilustrativo)
Inundações pluviais	Intensidade da chuva	n/a	20	Milímetros
Tempestade convectiva	Velocidade do vento próximo à superfície	n/a	80º percentil	Metros por segundo
Seca	Precipitação	Proporção de água	80º percentil	Sem dimensões
	Evaporação, incluindo sublimação e transpiração			
Incêndio	Precipitação	Índice de incêndio	80º percentil	Sem dimensões
	Temperatura máxima diária do ar próximo à superfície			

Esses eventos podem ser caracterizados por meio de métodos simples ou pela aplicação de modelos climáticos complexos. Além disso, é essencial definir um limite que indique quando um determinado perigo pode se materializar, considerando uma ou várias variáveis físicas. Isso permite que o evento de risco físico (perigo) seja gerenciado como uma variável dicotômica (vide alguns exemplos ilustrativos de limites na Tabela 7).

A integração e a preparação dos dados necessários para esses cenários requerem, de uma perspectiva operacional, o manuseio de grandes volumes de informações em formatos específicos. Esse processo apresenta desafios técnicos consideráveis, especialmente no que se refere à ingestão, no processamento e na atualização contínua dos dados de cada cenário. Para lidar com essas complexidades de forma eficaz, é essencial que os processos de mensuração do risco climático sejam projetados para gerenciar com eficiência os dados envolvidos, garantindo que eles sejam processados de forma adequada e em tempo hábil.⁴⁷

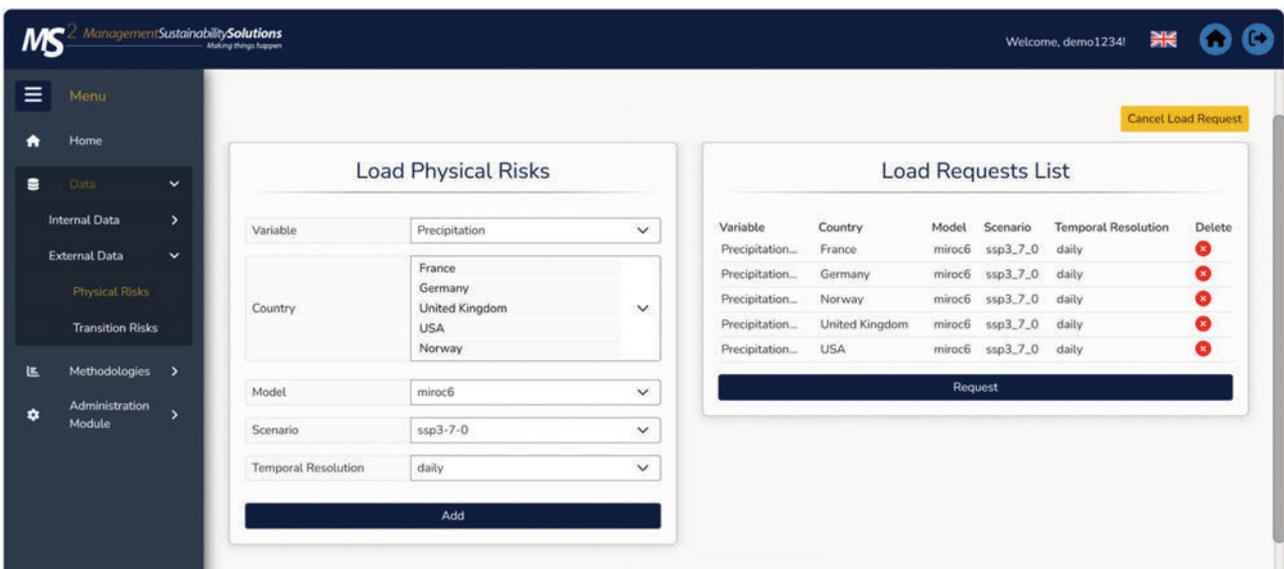
Para enfrentar esses desafios, a Management Solutions desenvolveu uma ferramenta especializada em mensuração de

riscos climáticos chamada Management Sustainability Solutions (MS²). Essa solução integra a gestão desses aspectos, sendo capaz de importar, processar e armazenar cenários físicos obtidos de fontes como o Copernicus⁴⁷, que são usados para realizar cálculos quantitativos. A MS² oferece uma interface intuitiva e fácil de utilizar, que também integra a infraestrutura técnica necessária para o processamento eficiente dos dados de cada cenário (vide Figura 8).

⁴⁶Com base em dados históricos, nas condições específicas da geografia em estudo e na experiência de especialistas, é estabelecido um limite que indica quando um determinado risco físico pode se materializar, considerando uma ou mais variáveis físicas. Os valores apresentados na tabela são apenas ilustrativos e representam valores iniciais gerais que estão alinhados com o estado atual da pesquisa científica relevante. Esses valores podem ser ajustados de acordo com o contexto específico do caso em análise.

⁴⁷Projeções de cenários climáticos produzidas pelo Copernicus Climate Change Service (C3S), <https://climate.copernicus.eu/climate-projections>.

Figura 8: Exemplo de carga de cenários físicos na ferramenta MS².



Mensuração do impacto em uma carteira hipotecária

A análise de riscos físicos em uma carteira hipotecária segue uma metodologia alinhada com a estrutura UNEP-FI⁴⁸, projetada para atender às recomendações da Força-Tarefa sobre Divulgações Financeiras Relacionadas ao Clima (TCFD). Seu principal objetivo é avaliar como os eventos climáticos extremos afetam a avaliação dos ativos físicos usados como garantia em carteiras imobiliárias, com foco na relação entre empréstimo e valor (LTV).

Essa metodologia baseia-se na análise de cenários e projeções de variáveis de risco climático (mais detalhes na seção 4.2.1). Ao determinar a localização geográfica das garantias da carteira, é possível estimar a frequência e a intensidade dos riscos físicos nessas regiões.

Para o desenvolvimento dessa metodologia, é necessário integrar modelos climáticos que forneçam informações sobre a gravidade e a frequência dos perigos ao longo do tempo, com base em diferentes cenários climáticos. As curvas de danos, ou funções de impacto, convertem essas variáveis climáticas em impactos econômicos, estimando a porcentagem do valor do ativo que pode ser perdida devido a eventos específicos. Essas curvas são fundamentais para avaliar a vulnerabilidade dos ativos aos perigos físicos e servem como base para o cálculo das possíveis perdas econômicas.

Para cada risco, cenário e ano, o impacto econômico é determinado pela combinação da frequência do risco físico (com que frequência ele ocorre), o valor econômico da garantia e a função de impacto, que fornece a perda percentual do valor do ativo como uma função da intensidade do risco.

Essa perda econômica é então aplicada ao valor da garantia para calcular uma perda simulada. O efeito sobre a garantia pode ser avaliado de duas maneiras complementares: primeiro, calculando o impacto anual e utilizando-o para estimar as mudanças no LTV ao longo do tempo; e segundo, avaliando o

impacto cumulativo no LTV à medida que o valor da garantia diminui ano a ano. Dessa forma, é possível ter uma compreensão clara de como os riscos podem afetar o LTV, o que ajuda a medir o risco a médio e longo prazo.

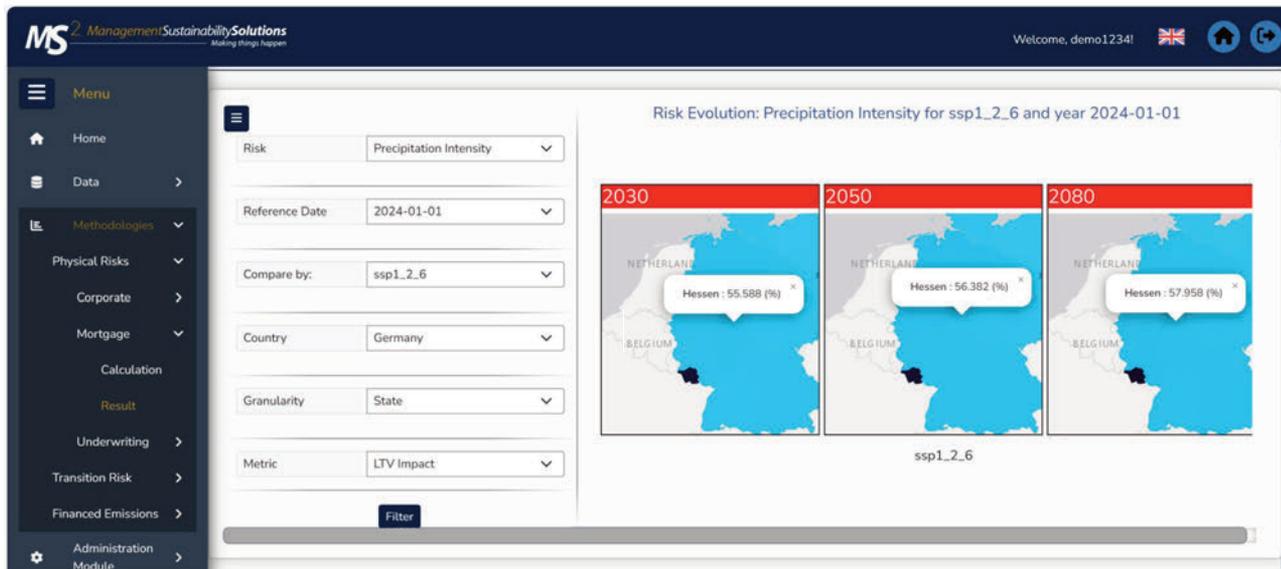
Esse LTV é um fator comumente utilizado por instituições financeiras para derivar a perda por inadimplência (LGD). Portanto, o novo LTV ajustado, que reflete os impactos econômicos dos riscos físicos, pode ser usado para estimar as alterações na LGD. Outra opção é aplicar um haircut aos valores de garantia dentro do processo de estimativa de LGD e recalculá-lo o modelo de LGD. Portanto, os efeitos dos riscos climáticos sobre o LTV influenciam diretamente as mudanças na LGD, destacando os riscos financeiros apresentados por eventos relacionados ao clima.

Para realizar um exercício de mensuração usando a metodologia descrita acima, é necessário ter dados específicos sobre a carteira hipotecária em análise. Em particular, para permitir uma mensuração granular do risco, as informações sobre a geolocalização das garantias hipotecárias, bem como as informações relacionadas ao valor econômico das hipotecas, são particularmente relevantes. Ter uma visão granular e consolidada das principais exposições da carteira também é importante para analisar as exposições mais relevantes ao risco climático.

A metodologia descrita nesta seção permite uma análise abrangente dos impactos do risco climático físico no nível de cada exposição hipotecária. Isso facilita a simulação do efeito da perda do valor da garantia devido a danos causados por eventos de risco físico, bem como seu impacto sobre parâmetros significativos, como o LTV e a LGD (vide Figura 9).

⁴⁸UNEP-FI, U. N. (2024).

Figura 9: Exemplo de evolução do impacto no LTV da carteira hipotecária em 2030, 2050 e 2080 risco físico (inundação) no cenário SSP1-2.6, na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



Mensuração do impacto nas carteiras de crédito e nos ativos financeiros de investimento

A avaliação do risco físico para uma carteira de empréstimos corporativos também pode ser abordada por meio de uma técnica quantitativa, usando curvas de danos para avaliar o impacto dos perigos físicos sobre os ativos da contraparte (principalmente bens, instalações e equipamentos). Ao integrar a frequência e a intensidade dos perigos com essas curvas de danos, é possível estimar a depreciação do valor dos ativos e, consequentemente, a diminuição do valor dos ativos da contraparte, o que, em última análise, influencia a qualidade do crédito.

O processo começa com a identificação da gama de riscos físicos ligados à mudança climática que podem afetar as empresas da carteira. Esses riscos podem incluir incêndios florestais, enchentes, ciclones tropicais, secas e outros eventos extremos. A frequência, a gravidade e as definições desses riscos são baseadas em dados de projeção de cenários físicos, conforme explicado acima.

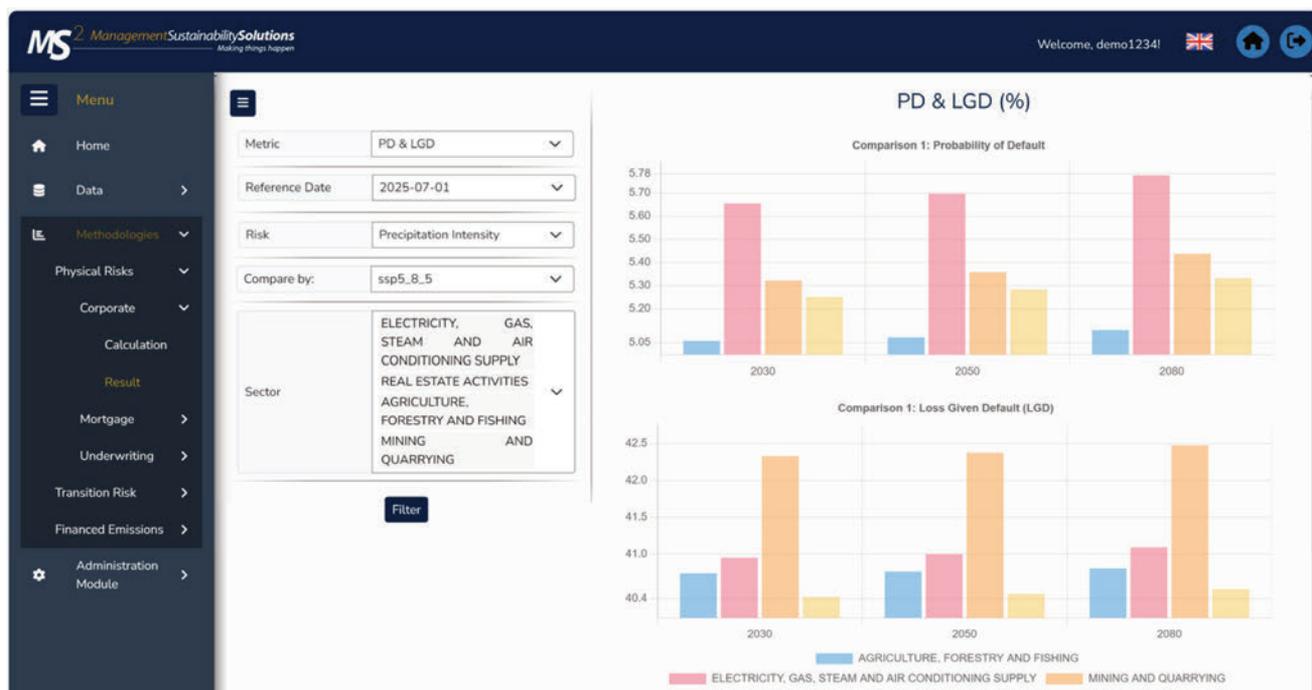
Nos cenários estabelecidos, esses eventos físicos afetam os ativos físicos das empresas, como fábricas, infraestrutura, instalações de extração, campos e plantações. Esses ativos, cujo valor é normalmente representado na conta de ativo imobilizado no balanço patrimonial, representam ativos físicos de longo prazo que as empresas usam para gerar receitas e lucros. A metodologia requer acesso a dados sobre o valor total dos ativos, o valor do ativo imobilizado e sua distribuição geográfica para as contrapartes da carteira. Além disso, é aconselhável levar em conta o impacto diferenciado de diferentes tipos de ativos de acordo com sua relevância em cada setor. Com esses dados, combinados com projeções de cenários físicos, é possível estimar a frequência e a intensidade com que um perigo específico afetará os ativos produtivos da empresa ao longo do tempo.

Para isso, é essencial integrar os dados relevantes da contraparte, como o valor de seus ativos e sua distribuição geográfica. Entretanto, informações detalhadas e específicas sobre os locais de operação de um grande conjunto de empresas da carteira geralmente não fazem parte da infraestrutura de dados e dos processos de coleta das instituições financeiras e devem ser coletadas adicionalmente. Elas podem ser obtidas em larga escala por meio de soluções de dados existentes e do uso de proxies para gerenciar possíveis lacunas de informações. Isso é especialmente relevante ao lidar com grandes carteiras de clientes, em que a metodologia precisa ser compatibilizada com estimativas de cima para baixo para uma avaliação de risco mais completa e precisa.

Como no caso da carteira hipotecária, a conversão de riscos físicos em perdas econômicas pode ser abordada por meio de curvas de danos ou funções de impacto. Para cada perigo associado ao risco climático identificado (consulte a seção Cenários físicos para obter mais detalhes) que afeta um determinado tipo de ativo, há curvas de danos específicas que fornecem a porcentagem de danos esperados pela ocorrência desse risco. Essas curvas são a base para quantificar as possíveis perdas econômicas, avaliando a vulnerabilidade dos ativos a vários perigos físicos.

Ao agregar as perdas totais em valor de todos os ativos imobilizados de uma empresa devido a um perigo específico em um determinado cenário e ano, a Perda Anual por Danos, doravante denominada Yearly Damage Loss (YDL), pode ser calculada. A YDL representa a perda percentual sofrida pelos ativos da contraparte como resultado do risco físico, afetando os ativos produtivos essenciais para a geração de receita da empresa. Supõe-se que esse impacto levará a uma redução nas receitas e a um aumento nos custos, pois os ativos precisarão ser reparados e restaurados para garantir a continuidade operacional. Esse "choque" físico se reflete na depreciação dos ativos e serve como

Figura 10: Exemplos de impacto na PD e LGD da carteira devido ao risco físico (inundação) no cenário SSP5-8.5 na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



um indicador do risco climático físico para a entidade corporativa, seja como contraparte de um empréstimo ou como emissora de um ativo financeiro. A última etapa, para uma carteira de empréstimos corporativos, é traduzir o YDL em um impacto sobre a Probabilidade de Inadimplência (PD) das contrapartes, o que pode ser feito por meio da aplicação de um modelo de avaliação estrutural (ex. Merton). A estrutura metodológica pressupõe que o impacto sobre o ativo imobilizado da empresa muda a distribuição dos valores dos ativos, resultando em mudanças na PD em um determinado momento. Essa metodologia adapta a PD ao longo do ciclo de negócios, com o YDL atuando como um "indicador de qualidade de crédito de risco climático" para o risco físico na carteira de empréstimos corporativos.

Se alguns desses ativos também forem garantia de um empréstimo específico, isso também afetará diretamente a estimativa da LGD. Em todo caso, mesmo quando os ativos físicos não são garantias, também pode haver um impacto sobre a LGD. Esse impacto poderia ser calculado explorando a correlação PD-LGD, por exemplo, definindo a relação entre as mudanças na PD e as mudanças correspondentes na LGD. Ao analisar tanto a PD quanto a LGD, é possível estimar o efeito geral do risco físico nas perdas de crédito esperadas para cada contraparte e em toda a carteira de crédito.

Para ativos financeiros, como ações e títulos, é essencial, após estimar o YDL, avaliar como isso afeta o Valor Líquido dos Ativos, doravante denominado Net Asset Value (NAV). Essa análise será realizada por meio da aplicação de diferentes modelos de avaliação, tanto para ações quanto para instrumentos de renda fixa, como títulos corporativos e públicos. No caso das ações, um modelo de avaliação baseado em dividendos ou lucros por ação pode ser usado para calcular o impacto financeiro. Esse modelo avalia as mudanças no valor das ações em termos de como o choque climático físico afeta o pagamento de dividendos da empresa.

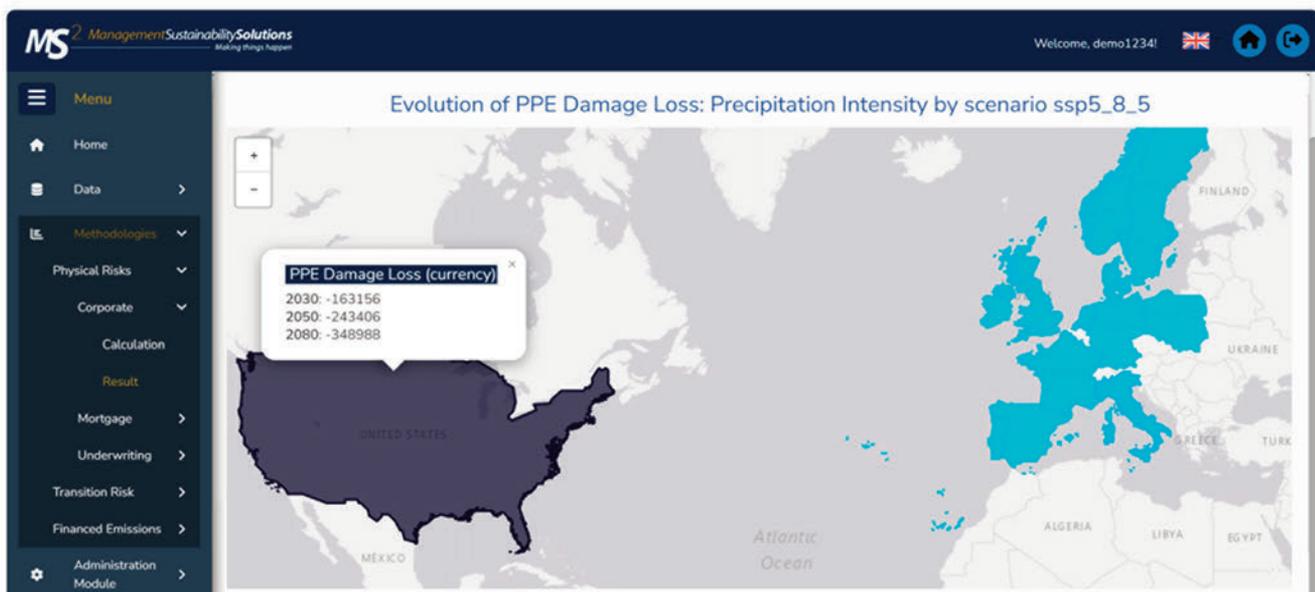
No caso de títulos corporativos, uma abordagem baseada em um modelo de avaliação estrutural também pode ser usada para avaliar como o choque climático físico afeta a qualidade de crédito do emissor. O modelo calcula a probabilidade de inadimplência como uma função da situação financeira do emissor. Uma vez determinado o impacto sobre a qualidade de crédito, um diferencial (spread) relacionado ao clima é calculado para estimar as mudanças nos preços dos títulos, fornecendo uma estimativa de como o valor do título corporativo flutuará devido aos riscos climáticos físicos.

Para títulos públicos, o YDL é calculado com base nos ativos produtivos do país emissor. Isso requer uma distribuição geográfica desses ativos. Embora possa haver diferentes opções para obter essa distribuição, uma das metodologias usadas pela Management Solutions e incorporada no MS² foi estimada usando dados do banco de dados Litpop⁴⁹. O impacto financeiro do choque físico é então aplicado proporcionalmente à taxa de cupom do título, refletindo os custos e oportunidades esperados enfrentados pelo governo emissor no cenário climático. Esse ajuste nos permite estimar como o valor do título do governo pode mudar em resposta ao risco físico.

A metodologia descrita nesta seção permite uma análise abrangente dos impactos do risco climático físico no nível de cada exposição de crédito e ativo financeiro. Isso facilita a simulação do impacto sobre os parâmetros de risco PD e LGD (vide Figura 10) e sobre o valor dos ativos financeiros (NAV) devido a danos causados por eventos de risco físico (vide Figura 11).

⁴⁹Um banco de dados que contém mapas de alta resolução de estimativas nacionais de valor de ativos, distribuídos proporcionalmente a uma combinação de intensidade de luz noturna e dados populacionais. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000331316>.

Figura 11: Exemplos de perdas no valor do ativo imobilizado de contrapartes da carteira devido ao risco físico (inundação) no cenário SSP5-8.5 na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



Mensuração do impacto nas carteiras de subscrição do setor de seguros

Da mesma forma que para a carteira de investimentos em crédito e ativos financeiros, uma metodologia quantitativa também pode ser aplicada para avaliar o impacto dos riscos climáticos físicos nas carteiras de subscrição de seguros de propriedades e acidentes, bem como nas carteiras de seguros de vida.

Carteira de propriedades e acidentes (P&C - Property and Casualty)

A análise de risco físico para as carteiras de subscrição de Danos e Responsabilidade, doravante chamada Property and Casualty (P&C), baseia-se em uma estimativa do aumento esperado de sinistros. A principal premissa dessa metodologia é que os índices de precificação e resseguro permaneçam inalterados em comparação com o cenário atual. Dependendo da granularidade dos dados disponíveis, a metodologia pode ser aplicada tanto em nível de apólice individual quanto em um nível mais agregado, como região, província ou país, bem como em diferentes linhas de negócios ou produtos.

Ter uma visão granular e consolidada das principais exposições da carteira é essencial para analisar as exposições mais relevantes ao risco climático.

A metodologia é desenvolvida em várias etapas importantes:

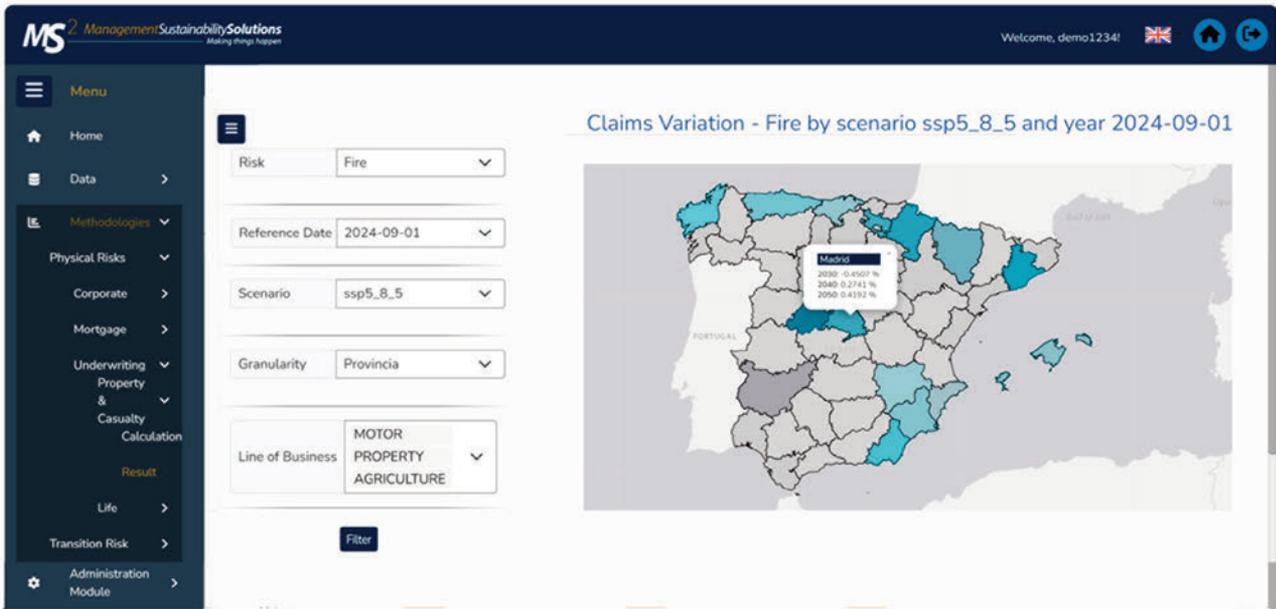
- ▶ Primeiro, a modelagem de eventos climáticos envolve a representação de cada evento com variáveis climáticas projetadas, que são derivadas de cenários físicos (conforme descrito anteriormente neste documento).

Essas projeções refletem a frequência esperada de diferentes riscos climáticos.

- ▶ Em segundo lugar, são estimadas as perdas atuais relacionadas ao clima. Esse cálculo inicial visa estabelecer uma estimativa anual dos custos associados a cada evento físico, levando em conta tanto a frequência com que esses eventos ocorrem quanto sua intensidade. Nesse estágio, as curvas de danos (também chamadas de funções de impacto) são usadas para estimar a porcentagem do valor do ativo que pode ser perdida devido a cada evento específico. Essas curvas são essenciais para entender o grau de vulnerabilidade de diferentes tipos de ativos a vários perigos físicos e fornecem uma base para o cálculo de possíveis perdas financeiras.
- ▶ Uma vez obtidas as estimativas iniciais de perda, esses valores devem ser ajustados para levar em conta as características específicas das apólices de seguro que cobrem os ativos relacionados. Isso envolve a agregação das estimativas de perda para cada produto e, em seguida, a aplicação de um fator de correção que ajusta a perda calculada com base nos dados históricos de sinistros. Esse ajuste garante que as perdas estimadas reflitam com mais precisão a experiência real de perdas da carteira.
- ▶ Após esse ajuste, a próxima etapa é projetar as perdas futuras em vários cenários climáticos. O processo é semelhante ao da estimativa inicial, mas usando dados projetados para anos futuros, como 2030 ou 2050. Em cada caso, a frequência e a intensidade dos eventos físicos são recalculadas, e as perdas ajustadas são projetadas no tempo. As perdas futuras são então comparadas com as



Figura 12: projeção de mudanças na sinistralidade da carteira de P&C devido a incêndios florestais relacionados ao risco climático no cenário SSP5-8.5 para 2030, 2040 e 2050 na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



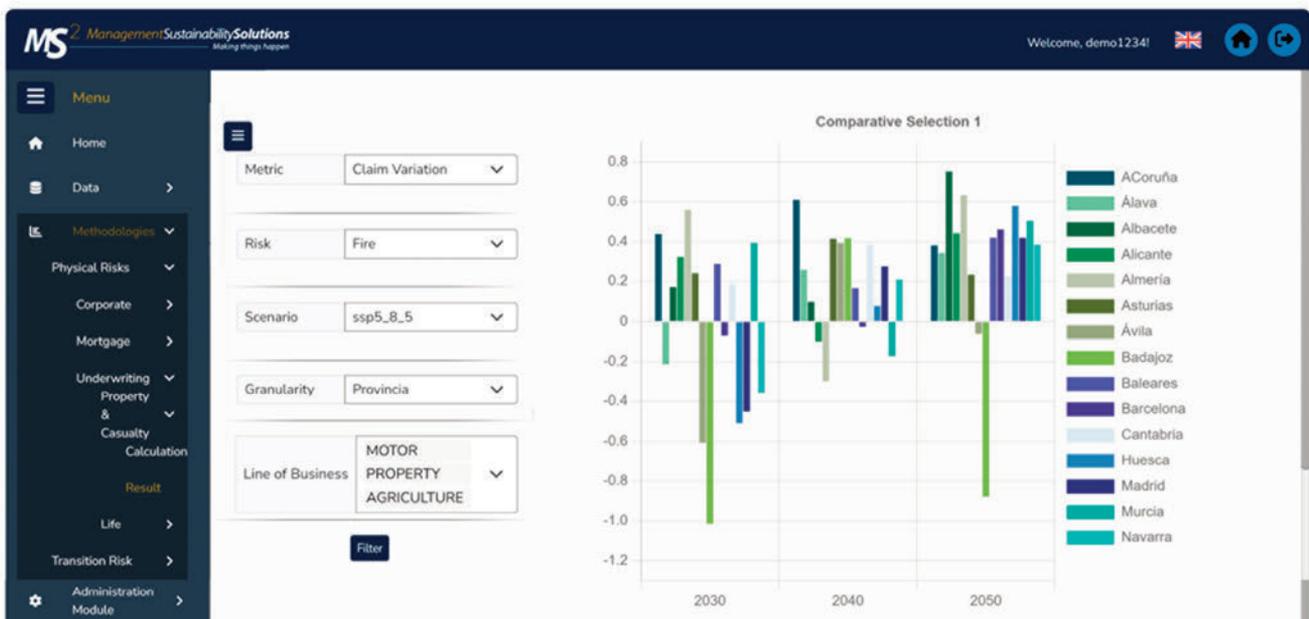
Observação: dados simulados, apenas para fins ilustrativos.

perdas atuais para avaliar como se espera que as perdas evoluam à medida que o clima muda.

- ▶ Por fim, os acordos de resseguro e os fundos de equalização de risco aplicáveis são levados em conta no cálculo dos sinistros líquidos. No caso do resseguro, é calculada a relação entre os sinistros líquidos e os sinistros brutos, e essa relação é usada para ajustar os custos estimados. Da mesma forma, se houver um fundo de equalização de risco, uma porcentagem da perda total é compensada com o fundo, reduzindo os sinistros líquidos de forma correspondente.

Usando essa abordagem estruturada, é possível fornecer uma visão quantitativa de como se espera que os riscos climáticos físicos afetem a sinistralidade de uma carteira de subscrição no curto, médio e longo prazo, devido a danos causados por eventos de risco físico (vide Figura 12), e fazer comparações ao longo de diferentes eixos (vide Figura 13).

Figura 13: Comparação regional do aumento projetado nos custos esperados (índice de perdas) da carteira de P&C devido a incêndios florestais relacionados ao risco climático no cenário SSP5-8.5 para 2030, 2040 e 2050 na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



Observação: dados simulados, apenas para fins ilustrativos.

Exemplo ilustrativo de carga da carteira de subscrição de vida na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



Carteira de seguro de vida

Para avaliar o impacto da mudança climática em uma carteira de seguro de vida, a abordagem a seguir se concentra no efeito das mudanças relacionadas ao clima nas taxas de mortalidade⁵⁰. Ela consiste em modelar como a mudança climática, em especial o aumento da frequência das ondas de calor e o encurtamento das estações de inverno, afeta as taxas de mortalidade. Essa avaliação é realizada por meio de um modelo matemático que incorpora vários fatores críticos, como temperatura média anual, PIB per capita e dados estatísticos relacionados à temperatura e à precipitação. O modelo também leva em conta variações baseadas em parâmetros por idade e divisões administrativas

(nível ADM2⁵¹) e considera, além disso, diferenças por país, idade, ano e gênero. Além disso, o modelo aproveita as estatísticas históricas de mortalidade divididas por idade, país e ano para melhorar a precisão das projeções.

⁵⁰A abordagem baseia-se na metodologia descrita no estudo "Valuing the Global Mortality Consequences of Climate Change Accounting for Adaptation Costs and Benefits", de Carleton, e está de acordo com as conclusões do estudo "Projections of Temperature-Related Excess Mortality under Climate Change Scenarios", de Gasparrini. A metodologia também conta com o apoio do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

⁵¹A classificação geográfica ADM2 refere-se ao segundo nível de divisão administrativa de um país, que pode incluir províncias, distritos, condados ou municípios, dependendo da organização territorial de cada estado.

Figura 15: Esquema da metodologia de cálculo do choque de mortalidade para subscrição da carteira de seguro de vida.

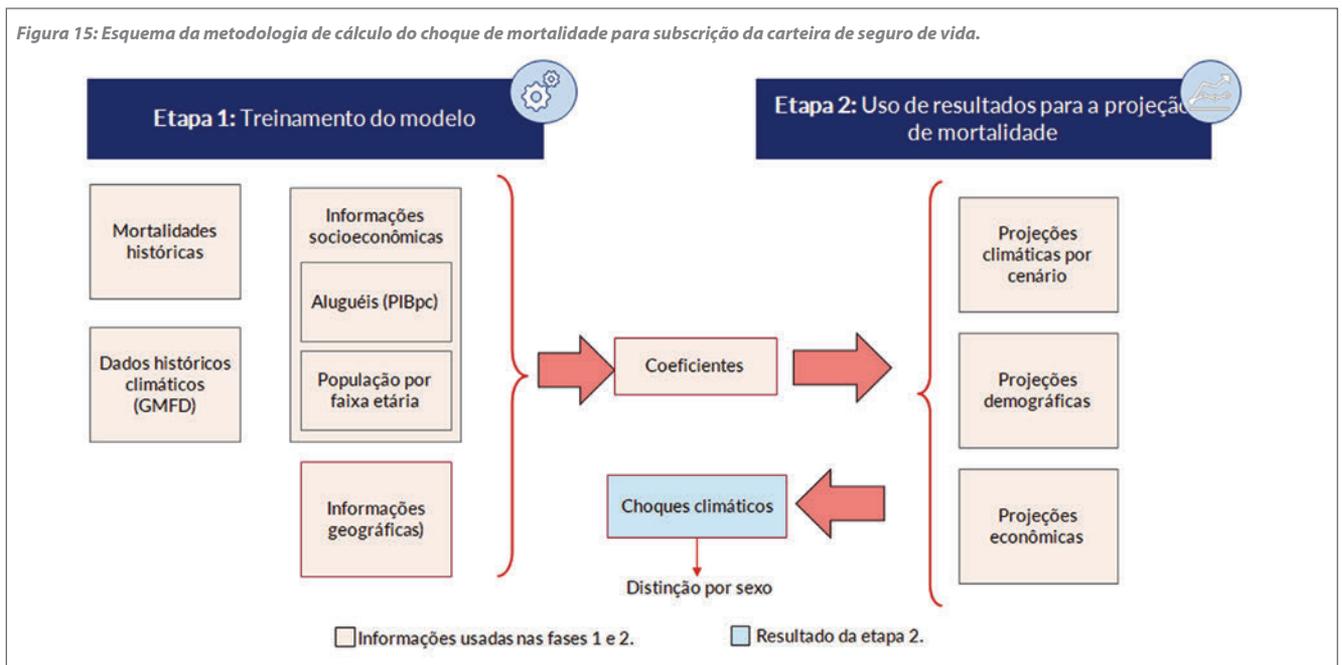
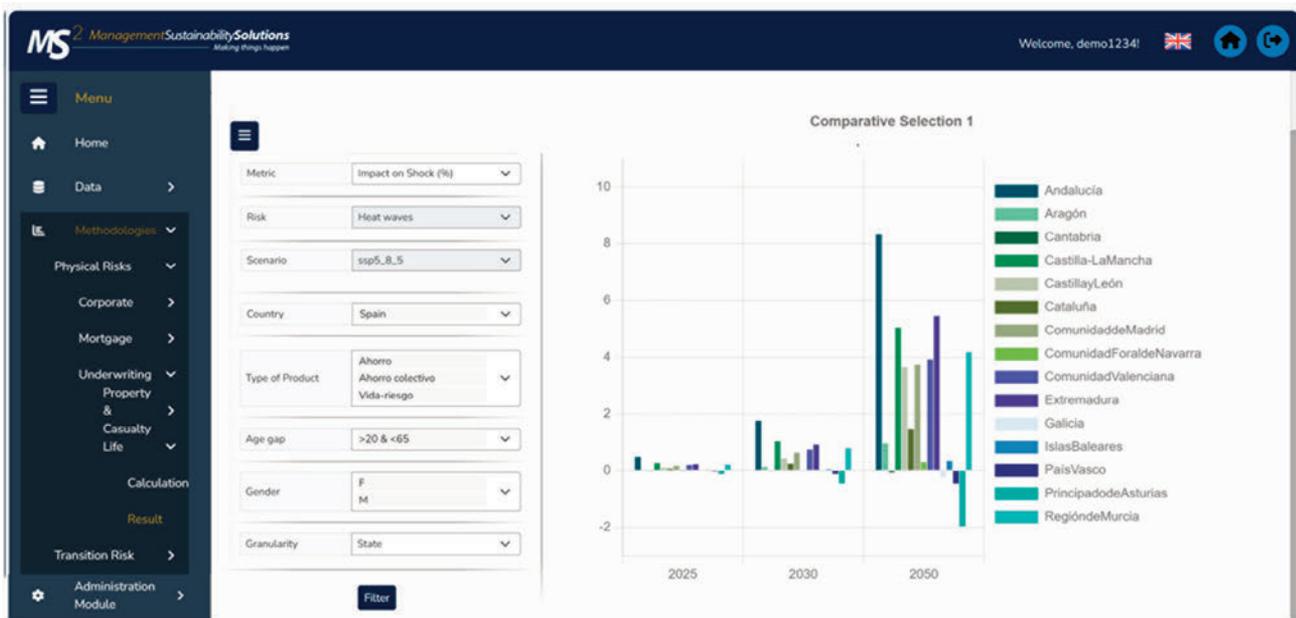


Figura 16: Exemplos de choques e comparação em escala regional das taxas de mortalidade da carteira de vida devido ao risco físico (ondas de calor) no cenário ssp5-8.5 em 2025, 2030 e 2050 na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



Observação: dados simulados, apenas para fins ilustrativos.

Uma visão granular e consolidada das principais exposições e características da carteira é essencial para analisar as exposições mais relevantes ao risco climático (vide Figura 14).

Aplicando projeções de cenários climáticos, em particular aqueles relacionados ao aumento das temperaturas e ao aumento da incidência de ondas de calor, o modelo estima os impactos da mortalidade para diferentes horizontes de tempo futuro, como 2025, 2030, 2050 e 2100. Esses choques de mortalidade são gerados para regiões geográficas específicas e são diferenciados por faixa etária e sexo (vide Figura 15).

Uma vez que o choque de mortalidade tenha sido calculado para um determinado ano, cenário climático e região geográfica, seu impacto pode ser usado para avaliar o efeito sobre as provisões matemáticas das apólices de seguro de vida no momento da avaliação. Para apólices com cobertura anual, essas informações são essenciais para determinar os ajustes necessários nos prêmios. No entanto, a aplicação precisa desses choques de mortalidade nas reservas ou nos prêmios varia de acordo com a seguradora e as condições específicas das apólices em questão.

Essa abordagem metodológica permite avaliar quantitativamente o impacto projetado dos riscos climáticos físicos sobre a taxa de mortalidade de uma carteira de subscrição de vida a curto, médio e longo prazo, considerando o aumento das temperaturas e a crescente incidência de ondas de calor (vide Figura 16).

Mensuração dos riscos de transição

Este capítulo explora metodologias para medir o impacto dos riscos de transição nas carteiras de investimento e crédito, usando cenários climáticos que projetam o impacto das políticas de descarbonização e outras mudanças estruturais nos mercados. Primeiro, são analisados os possíveis caminhos para uma economia de baixo carbono, mostrando como o momento e a intensidade dessas políticas afetam setores específicos. Em seguida, descreve-se como o risco de transição em créditos corporativos é avaliado pela combinação de fatores de risco de transição e sensibilidades setoriais em mapas de calor para estimar o índice de qualidade de crédito climático de cada contraparte em diferentes cenários. Por fim, é apresentada uma metodologia para avaliar o risco de transição em várias classes de ativos financeiros, como títulos corporativos, títulos soberanos e ações, destacando como a mudança para uma economia sustentável pode influenciar o valor desses ativos. Essa análise abrangente permite simular e consolidar os efeitos projetados sobre o valor das carteiras, fornecendo uma visão holística da exposição ao risco de transição.

Cenários de transição

Em um cenário sem políticas, os riscos climáticos físicos aumentarão substancialmente, especialmente em horizontes de tempo mais longos. Entretanto, as políticas climáticas destinadas a mitigar esses riscos físicos podem ter efeitos econômicos significativos em setores específicos, resultando em riscos de transição mais elevados. O grau de interrupção econômica depende do tempo, do rigor e da antecipação das políticas climáticas.

Do ponto de vista do gerenciamento de riscos, essas políticas representam um equilíbrio entre os riscos físicos de longo prazo e os riscos de transição de curto e médio prazo.

Uma das ações mais relevantes para atingir as metas climáticas é a implementação de políticas de descarbonização, juntamente com uma mudança nas preferências do mercado para opções mais sustentáveis. Por um lado, as mudanças no sentimento do mercado, impulsionadas pela conscientização dos riscos climáticos futuros, podem afetar significativamente a lucratividade dos setores de alta emissão. Por outro lado, o momento e a natureza das ações dos formuladores de políticas determinarão se as metas de redução de emissões serão cumpridas.

Nesse sentido, a velocidade e o momento da transição são cruciais. Uma orientação política clara e oportuna aumentará a capacidade dos agentes econômicos de planejar a substituição da infraestrutura existente e permitirá que o progresso tecnológico mantenha os custos de energia administráveis. Por outro lado, uma transição repentina, descoordenada ou disruptiva seria mais cara, especialmente para os setores e regiões mais vulneráveis à mudança estrutural.

Para levar em conta os diferentes cenários de transição possíveis, o NGFS desenvolveu uma estrutura que identifica quatro caminhos possíveis para uma economia de baixo carbono⁵²:

- ▶ Os cenários **ordenados** pressupõem que as políticas climáticas sejam introduzidas logo no início e se tornem gradualmente mais rigorosas. Na medida em que essas

políticas contribuam para as reduções de emissões de forma mensurada para atingir as metas climáticas, os riscos de transição são relativamente moderados.

- ▶ Cenários **desordenados** exploram riscos de transição mais elevados porque a mudança de política é atrasada ou divergente entre países e setores. Devido a uma resposta repentina e imprevista, as metas de redução de emissões para alguns setores da economia podem até mesmo precisar ser aprofundadas para permanecer no caminho certo para atingir as metas climáticas, deixando às empresas pouco tempo para se adaptarem.
- ▶ Os cenários do "**mundo quente**" pressupõem que algumas políticas climáticas sejam implementadas em algumas jurisdições, mas que as emissões globais continuem a aumentar, em um contexto em que os governos fazem muito pouco para evitar mudanças estruturais relacionadas ao clima.
- ▶ Os cenários "**muito pouco, muito tarde**" pressupõem que, em termos gerais, os governos e os agentes econômicos não fazem o suficiente para cumprir as metas climáticas, levando a mudanças climáticas estruturais irreversíveis.

Nessa estrutura, o NGFS desenvolveu sete cenários de transição (NGFS Fase 5⁵³, novembro de 2024), conforme demonstrado na Tabela 17.

⁵²NGFS (2020).

⁵³<https://www.ngfs.net/en/ngfs-climate-scenarios-phase-v-2024>.

Figura 17: Cenários de transição desenvolvidos pelo NGFS.

Cenário	Transição	Políticas de descarbonização	Tecnologia de baixo carbono	Metas de redução de emissões de GEE	Riscos de transição
Net Zero em 2050	Pedido	Imediato e suave	Alta penetração	Emissões líquidas zero de CO ₂ por volta de 2050	Altos
Abaixo de 2 °C	Pedido	Imediato e suave	Penetração moderada	Zero emissões líquidas de CO ₂ após 2070	Moderados
Baixa demanda	Pedido	Imediato e requer menos demanda de energia e mudanças comportamentais mais fortes.	Alta penetração	Emissões líquidas zero de CO ₂ por volta de 2050	Altos
Transição atrasada	Desordenada	Nenhuma mudança até 2030, muito rigoroso após 2030	Alta penetração a partir de 2030	Emissões líquidas zero de CO ₂ por volta de 2060	Altos
Mundo fragmentado	Muito pouco e muito tarde	Não é imediato e é muito fraco	Penetração moderada	Redução limitada das emissões de CO ₂	Altos
Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC)	O mundo da casa quente	Todas as políticas de descarbonização anunciadas para 2030, inalteradas após 2030	Penetração limitada	Redução limitada das emissões de CO ₂	Bajos
Políticas atuais	O mundo da casa quente	Não há mais políticas climáticas para hoje	Sem penetração	As emissões crescem até 2080	Sin riesgo

Observação: há também um cenário "Divergent Grid Zero", mas somente na versão NGFS Fase 3; a partir da NGFS Fase 4, ele foi descartado (cenário obsoleto).

Os processos que dão suporte aos exercícios de mensuração de risco climático devem garantir um tratamento adequado e eficiente para a ingestão, o processamento e a atualização contínua dos dados de cada cenário de transição. Para enfrentar esses desafios, conforme mencionado nos parágrafos anteriores, a Management Solutions desenvolveu uma ferramenta especializada em mensuração de riscos climáticos chamada Management Sustainability Solutions (MS2). Essa solução integra totalmente a gestão desses aspectos, permitindo a importação, o processamento e o armazenamento de dados obtidos de fontes como o NGFS, que são usados para realizar cálculos quantitativos. Além disso, o MS2 facilita a visualização dessas projeções (vide Figura 18), o que contribui para a análise de cenários e a interpretação dos resultados quantitativos gerados pelas metodologias de cálculo.

Mensuração do impacto na carteira de empréstimos corporativos

Para avaliar o impacto dos riscos de transição em uma carteira de crédito, a metodologia está alinhada com a estrutura desenvolvida pela UNEP-FI⁵⁴. Essa abordagem aproveita os mapas de calor qualitativos para quantificar os riscos, que são especificamente adaptados a diferentes setores econômicos e regiões geográficas⁵⁵.

Um mapa de calor serve como uma ferramenta visual que destaca o impacto potencial dos riscos de transição - como mudanças políticas ou desenvolvimentos tecnológicos - em uma organização. Um aspecto importante desse processo é a segmentação das indústrias por setor. Ao se concentrar em setores específicos, essa abordagem garante que as empresas

de cada segmento tenham um nível consistente de exposição às políticas de transição. Essa segmentação é essencial para identificar os riscos e as oportunidades associados à mudança para uma economia de baixo carbono. Como diferentes setores apresentam diferentes graus de vulnerabilidade durante essa transição, a segmentação precisa é essencial para a identificação precisa dos riscos.

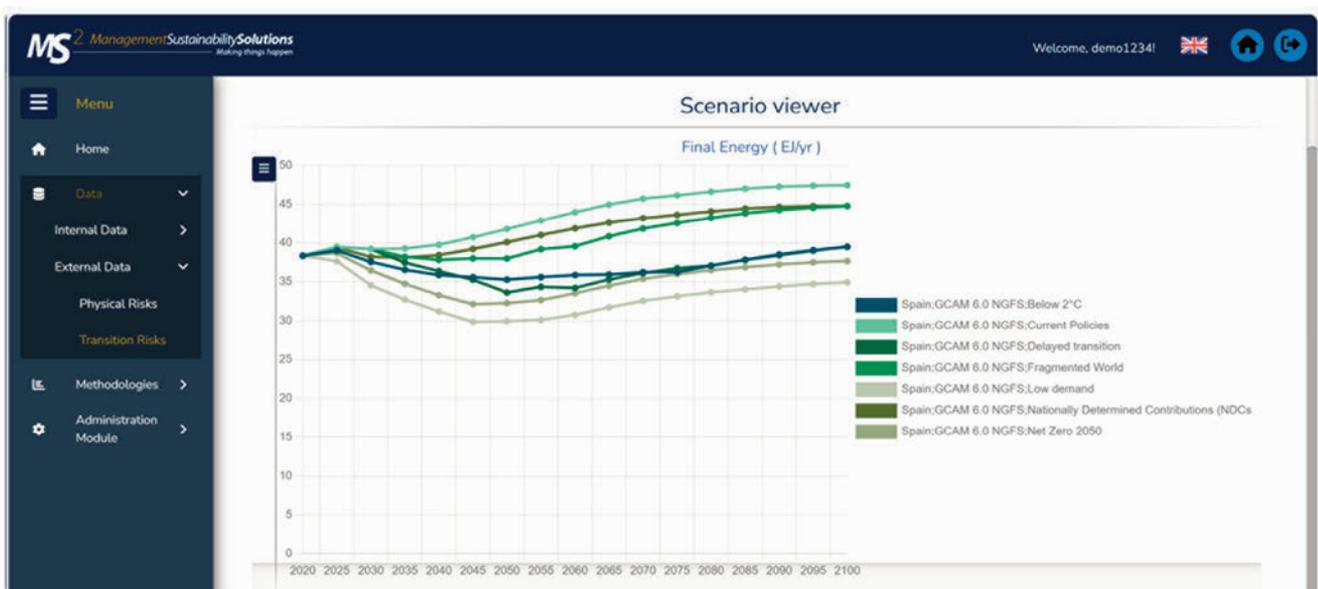
No contexto da crescente atenção global à sustentabilidade e à mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a compreensão de como a transição climática afeta os diferentes setores da carteira de crédito corporativo de um banco é fundamental para a tomada de decisões e a gestão de riscos. Os mapas de calor fornecem uma avaliação qualitativa dos riscos de transição que afetam as trajetórias dos fatores de risco, doravante denominados Risk Factor Parameters (RFPs), em países, setores, horizontes de tempo e cenários climáticos.

Os RFPs representam os mecanismos pelos quais os riscos transitórios - como mudanças políticas, preços de carbono ou desenvolvimentos tecnológicos - afetam os fluxos de caixa de uma empresa e, portanto, sua capacidade de cumprir as obrigações de dívida.

⁵⁴Iniciativa Financeira do PNUMA: Ampliando nossos horizontes.

⁵⁵Para obter mais informações sobre o mapeamento térmico, consulte Iniciativa : Financeira do PNUMA: Beyond the Horizon.

Figura 18: Cenários de transição, exemplo de visualização da variável "Final Energy" na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS2).



A variável "Final Energy (E/yr)" refere-se à energia final consumida anualmente, expressa em unidades de energia por ano (E/yr). Essa medida representa a energia realmente usada pelos setores finais da economia (como transporte, indústria, residências e serviços), após as perdas associadas à geração, transmissão e distribuição de energia. Essa variável é apenas um exemplo de muitas disponíveis no modelo e é particularmente relevante na análise de cenários de descarbonização, dado o papel fundamental do consumo de energia na transição para economias de baixo carbono.

Quatro RFPs principais são consideradas:

1. **Custos diretos de emissões:** calculados pela multiplicação do preço do carbono pelas emissões diretas do setor (escopo 1), refletindo o impacto do preço do carbono nos custos de emissões do setor.
2. **Custos indiretos de emissões:** capturam como o aumento dos custos de emissões dos setores acima é passado pela cadeia de suprimentos, impactando os preços dos insumos. É calculado multiplicando-se o preço do insumo pelo volume de insumos usados na produção.
3. **Despesas de capital:** representam os investimentos necessários para a transição para operações mais eficientes e menos intensivas em emissões, incluindo novas tecnologias. Esse custo é determinado pelo preço do capital e pelo aumento líquido do estoque de capital.
4. **Renda:** reflete os possíveis impactos na renda do setor devido a fatores como mudanças nos preços dos produtos, mudanças nas preferências dos consumidores e aplicação de impostos ou subsídios. É calculado multiplicando-se a produção total do setor pelo preço de seus bens ou serviços.

Essas trajetórias levam em conta, coletivamente, os efeitos dos custos diretos e indiretos das emissões, as mudanças na renda e os investimentos necessários em tecnologias de baixo carbono. Os resultados da modelagem do cenário climático fornecem trajetórias detalhadas para cada setor econômico, que podem ser refinadas por meio de análises de sensibilidade personalizadas. Essas trajetórias são essenciais para extrapolar os impactos em nível de tomador de empréstimo em toda a carteira⁵⁶.

É importante observar que os RFPs são avaliados em relação a um cenário de linha de base, que pressupõe que as classificações de crédito atuais dos mutuários refletem um mundo "business-as-usual", no qual não são tomadas medidas adicionais significativas para lidar com as mudanças climáticas além das políticas atuais. Esse cenário corresponde ao cenário "Políticas Atuais" do NGFS e atua como cenário de referência. Deve-se observar que o termo "referência", nesse contexto, refere-se a projeções do ambiente macrofinanceiro na ausência de choques adicionais de transição climática, a fim de fornecer um ponto de comparação razoável para a avaliação de outros cenários.

Os fatores de risco de transição (TFs), calculados com base nos cenários NGFS, fornecem uma estimativa quantitativa do impacto do risco de transição de acordo com determinados parâmetros econômicos e climáticos. Entretanto, esses cálculos são ajustados por uma análise qualitativa fornecida pelos mapas de calor, que introduzem coeficientes de sensibilidade setorial. Esses coeficientes permitem que o cálculo quantitativo dos RFPs seja adaptado, levando em conta a exposição esperada ao risco de transição em cada setor. Dessa forma, os mapas de calor ajudam a refinar os resultados dos RFPs, integrando a vulnerabilidade específica do setor, que pode ampliar ou atenuar o impacto estimado em diferentes cenários de transição.

⁵⁶Outras metodologias também poderiam levar em conta elementos adicionais, como a alavancagem ou a posição de capital das contrapartes.

Figura 19: Exemplos de impacto na PD e LGD de uma carteira de empréstimos corporativos, comparação entre dois setores da carteira (petróleo e gás vs. geração de energia); no cenário Net Zero 2050 em 2020, 2030 e 2050 na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



Esse exemplo mostra que, em um cenário de transição ordenada e descarbonização total da economia até 2050 (Net Zero 2050), a carteira de exemplo enfrenta maior risco (e, portanto, maior PD e LGD) nos setores de petróleo e gás em comparação com os setores de geração de energia. No entanto, ambos os setores sofreriam um impacto negativo nesse cenário de transição. Observação: dados simulados, apenas para fins ilustrativos.

A combinação dos fatores de risco de transição (RFPs) ajustados com as sensibilidades setoriais derivadas dos mapas de calor permite calcular, para cada contraparte, um "índice de qualidade de crédito climático". Para cada cenário climático desenvolvido pelo NGFS, um conjunto de RFPs e mapas de calor pode ser gerado, pois cada um reflete um contexto específico de política, evolução econômica e transição energética. Isso implica que, para cada cenário, é definido um conjunto exclusivo de RFPs e mapas de calor que incorpora as sensibilidades setoriais e a exposição esperada nesse contexto específico. Assim, o "índice de qualidade de crédito climático" é calculado especificamente para cada cenário, permitindo uma avaliação de como o risco de transição e seu impacto na qualidade do crédito variam de acordo com diferentes projeções. Essa modelagem fornece uma visão detalhada de como os vários cenários de transição afetam a vulnerabilidade das contrapartes em nível setorial e regional.

Em outras palavras, esse índice incorpora diferentes fatores de risco e vulnerabilidades específicas do setor em uma base ponderada, refletindo assim o impacto da transição para uma economia de baixo carbono sobre o valor dos ativos das contrapartes. O risco de transição é considerado um risco sistêmico distinto dos fatores idiossincráticos e de outros fatores sistêmicos (considerados constantes). Essa mudança na distribuição dos valores dos ativos leva a mudanças na probabilidade de inadimplência (PD) em um determinado momento, usando um modelo de avaliação estrutural (por exemplo, Framework Merton, que correlaciona a PD de uma empresa com o possível declínio no valor de seus ativos.

Uma vez que a PD em um cenário de transição climática tenha sido estimada, o impacto sobre a LGD pode ser calculado explorando a correlação PD-LGD.

Ao analisar a PD e a LGD, é possível estimar o impacto geral do risco de transição sobre as perdas de crédito esperadas para cada contraparte e para toda a carteira de crédito.

A metodologia descrita nesta seção permite uma análise detalhada dos impactos do risco de transição climática no nível de cada exposição e contraparte, facilitando a simulação do efeito de diferentes trajetórias de possíveis transições climáticas sobre os parâmetros de risco de crédito da carteira (ver Figura 19) e, portanto, sobre a perda esperada (vide Figura 20).

Mensuração do impacto na carteira de investimentos de ativos financeiros

A metodologia para avaliar o risco de transição climática nas carteiras de investimento de bancos, gestores de ativos e seguradoras abrange vários tipos de ativos financeiros, incluindo títulos corporativos, títulos soberanos e ações. Nesse contexto, o risco de transição refere-se às flutuações nos valores dos ativos causadas pela mudança global em direção a um modelo econômico mais sustentável. Essas flutuações são amplamente influenciadas pelas expectativas dos participantes do mercado em relação a custos e oportunidades futuros para os emissores de ativos.

Figura 20: Exemplos de impacto de perda esperada de uma carteira de empréstimos corporativos, comparação entre dois setores da carteira (petróleo e gás vs. geração de energia); no cenário Net Zero 2050 em 2020,2030,2050 na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



Observação: dados simulados, apenas para fins ilustrativos.

Essas expectativas são modeladas usando projeções de políticas climáticas e possíveis caminhos para uma economia mais sustentável, de acordo com os diferentes cenários climáticos desenvolvidos pelo NGFS. Esses cenários ajudam a prever como as políticas e regulamentações relacionadas às mudanças climáticas podem evoluir, bem como os impactos econômicos e de mercado que essas políticas podem ter sobre os emissores de ativos financeiros.

No caso de títulos corporativos e ações, a abordagem envolve a análise de como as receitas do emissor são distribuídas entre os setores econômicos e as regiões geográficas. No caso de títulos soberanos, a análise se concentra na composição setorial do Valor Agregado Bruto (VAB) do país. Isso proporciona uma compreensão clara de onde as receitas do emissor são geradas e como elas podem ser afetadas por fatores relacionados ao clima.

Uma vez estabelecido o detalhamento das receitas, a próxima etapa é avaliar como essas receitas podem mudar em diferentes cenários climáticos. Para fazer isso, examine as tendências de variáveis específicas relacionadas ao clima que sejam relevantes para cada setor e região. Por exemplo, se um emissor opera em um setor que está altamente exposto a mudanças regulatórias destinadas a reduzir as emissões de carbono, suas previsões de receita refletiriam o impacto potencial dessas políticas. O impacto financeiro é então calculado com base nessas mudanças esperadas nas receitas.

Essa metodologia se baseia em uma abordagem de baixo para cima, que analisa cada ativo financeiro individualmente, identificado por seu Número Internacional de Identificação de Títulos (ISIN), e realiza uma análise abrangente das fontes de receita vinculadas ao emissor. As receitas são então alocadas a setores e regiões econômicas. A classificação

setorial pode ser baseada na estrutura dos Setores Relevantes para a Política Climática (CPRS). Essa classificação é uma premissa fundamental do modelo, pois vincula os setores econômicos a variáveis climáticas específicas que podem influenciar os fluxos de receita futuros.

As tendências dessas variáveis climáticas - como preços de carbono, custos de energia ou mudanças regulatórias - ajudam a determinar como as receitas poderiam evoluir em diferentes cenários.

Para avaliar o possível impacto das mudanças na política climática, cada setor do CPRS é associado a uma variável relevante do NGFS. Essa associação implica que se presume uma correlação entre o comportamento do setor CPRS e a evolução da variável NGFS em diferentes cenários climáticos. Portanto, os impactos positivos ou negativos das políticas climáticas sobre a variável NGFS servem como um indicador dos efeitos esperados sobre o setor correspondente.

Por exemplo, no caso do setor de combustíveis fósseis (que engloba a extração, a produção, o refino e a distribuição de combustíveis fósseis), pode-se presumir que seu desempenho esteja ligado à demanda por energia primária produzida a partir de fontes fósseis. Essa demanda é uma variável que está incluída nas projeções dos cenários NGFS. Em termos gerais, definir com precisão os setores e associá-los a uma ou mais variáveis de cenário significativas é uma etapa essencial no desenvolvimento da metodologia, pois permite uma avaliação mais precisa dos possíveis impactos das políticas climáticas em diferentes setores econômicos.

Figura 21: Exemplo de impacto no valor do ativo líquido em 2050 para o cenário de transição atrasada de um exemplo de carteira de investimentos (ações, títulos corporativos, títulos públicos). Exemplos ilustrativos na ferramenta Management Sustainability Solutions (MS²).



Usando a evolução da variável NGFS no cenário selecionado em comparação com um cenário de linha de base (normalmente, o cenário "Políticas atuais" é usado como cenário de linha de base de referência), é possível derivar um choque de política climática, que indica a magnitude do choque econômico. Isso permite uma avaliação de como as receitas de cada setor econômico e região geográfica vinculada a um emissor específico poderiam ser afetadas e, conseqüentemente, seu impacto nos resultados financeiros.

Para um exercício de mensuração preciso, é essencial ter dados específicos sobre as contrapartes que emitem os ativos financeiros da carteira em análise. Em particular, as informações sobre as receitas das contrapartes, discriminadas por setor econômico e região geográfica, são particularmente relevantes para uma avaliação granular do risco. Ter uma visão detalhada e consolidada das principais exposições geográficas e setoriais da carteira é fundamental para analisar e compreender os impactos mais significativos na mensuração do risco climático.

Uma vez determinado o choque da política climática, a próxima etapa é calcular seu impacto financeiro e entender como ele afeta o Valor Patrimonial Líquido. Esse cálculo varia de acordo com o fato de o ativo ser uma ação ou um instrumento de renda fixa, como títulos corporativos ou governamentais.

Para ações, o impacto financeiro do estresse climático pode ser calculado usando o modelo de avaliação baseado em dividendos ou lucros por ação (por exemplo, Gordon-Shapiro.

No caso de títulos corporativos, o impacto é avaliado pela estimativa de como o choque da política climática afeta a qualidade de crédito do emissor, para a estimativa da probabilidade de inadimplência. Uma vez determinado o efeito sobre a credibilidade, um spread relacionado ao clima é calculado para estimar a mudança nos preços dos títulos especificamente devido ao choque de transição.

No caso de títulos públicos, o impacto financeiro é aplicado proporcionalmente à taxa de cupom do título. Esse ajuste leva em conta os custos e as oportunidades esperados para o governo emissor no cenário climático avaliado. A aplicação desse ajuste proporcional fornece uma estimativa de como o valor do título pode ser afetado em resposta à transição climática.

A metodologia descrita nesta seção permite uma análise abrangente dos impactos do risco de transição climática no nível de cada ativo financeiro em uma carteira de investimentos. Isso facilita a simulação do efeito de diferentes trajetórias de possíveis transições climáticas sobre o Valor Patrimonial Líquido dos instrumentos financeiros (vide Figura 21).

