

ESCOLHA TEÓRICA EM LÓGICA: O CASO DA LÓGICA CLÁSSICA E DA LÓGICA TEMPORAL

LOGICAL THEORY-CHOICE: THE CASE OF CLASSICAL LOGIC AND TEMPORAL LOGIC

ANGELL M. M. MAGRI

Universidade Federal de Santa Catarina, BRASIL

angellmagri@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-9115-8210>

Abstract. We investigate to what extent the abductive method can be applied to the choice between logical theories, taking as a case study the dispute between classical logic and temporal logic. Typically, examples of the application of the abductive method focus on disputes between classical logic and non-classical logics. We believe, however, that there are also relevant disagreements between classical logic and logics that extend it without rejecting its principles, such as temporal logic. These disagreements do not arise from the relation of logical consequence (what follows from what), but involve assumptions about the nature of time and language. By recovering this historical perspective on the clash between logical theories, we show that the limitations of abductivism are not restricted to disputes between classical and non-classical logics, but also manifest in debates concerning logics that present themselves as extensions of the classical.

Keywords: logical-theory choice • logical abductivism • classical logic • temporal logic

RECEIVED: 31/07/2025

ACCEPTED: 11/10/2025

1. Introdução

Diversos autores têm compartilhado da posição de que o conhecimento lógico pode ser revisado, e têm proposto que a justificação da escolha da melhor teoria lógica não se baseia em princípios excepcionais, mas sim em uma escolha racional como em qualquer outra área. Dentre esses autores, destaca-se Priest, que defende que escolher uma teoria lógica seria, em princípio, semelhante a escolher qualquer outra teoria. Para ele, “A inferência à melhor teoria lógica é uma inferência à melhor explicação, isto é, uma explicação abductiva” (Priest 2024, p.12).

No artigo “Logical Theory-Choice: the Case of Vacuous Counterfactuals” (Priest 2019), o autor ilustra um método de escolha entre teorias lógicas, aplicando-o a um caso específico: a disputa entre Vacuismo e Não-Vacuismo quanto ao tratamento de contrafactuais com antecedentes necessariamente falsos. Aqui, avaliamos o potencial desse método para a avaliação do debate entre a lógica clássica (defendida por



Quine) e a lógica temporal (defendida por Prior) quanto à representação do tempo na linguagem e na ciência.

Quine propõe uma abordagem holística do conhecimento, defendendo que nossas crenças estão todas interligadas em uma “teia de crenças”. Nessa estrutura, as crenças mais ligadas à experiência sensorial ficam na periferia da teia e são mais facilmente revisáveis, enquanto a lógica ocupa o núcleo, sendo mais fundamental e resistente a revisões, embora não imunes a elas. Embora favorável à revisão do conhecimento, Quine rejeitava a ideia de múltiplas lógicas para diferentes contextos, mantendo a lógica clássica de primeira ordem como central. Contudo, percebeu pressões para a revisão da lógica clássica com o surgimento de outras teorias lógicas, como a lógica temporal, criadas para lidar com limitações da primeira.

O desenvolvimento formal da lógica temporal é atribuído a Arthur Prior, que apresentou uma abordagem modal da lógica, sob o nome de “*Tense Logic*” (ou “lógica dos tempos verbais”, em português). Ele oferece um formalismo onde os tempos verbais são representados por operadores modais. Para Prior, a lógica investiga quais afirmações se seguem de quais (Prior 1958b, p.1) e, para ele, afirmações podem ser verdadeiras em um momento e falsas em outro. Para Prior, “A lógica temporal não deve ser vista meramente como um novo ramo da lógica, como, por exemplo, a lógica deôntica. Na opinião de Prior, a lógica em geral deve ser entendida como lógica temporal” (Øhrstrøm & Hasle 1993, p. 23). A lógica temporal logo se mostrou um campo muito rico, mas tal notoriedade adquirida pela lógica temporal também trouxe a ela críticas.

Uma das principais críticas à lógica temporal relaciona-se ao conceito de ‘tempo’ por trás dessa lógica. Diversos autores argumentaram que o projeto de Prior se baseia em uma noção de tempo absoluto newtoniano, o que contradiz o conceito de tempo empregado por teorias físicas modernas. Essa crítica é encontrada em Quine, que desenvolve sua própria abordagem para lidar com formalizações temporais. Quine usa frases com tempos verbais no presente, e adiciona variáveis para representar distinções temporais, que variam sobre ‘épocas’.

Para Quine, sua proposta de formalização do discurso temporal tem a vantagem de manter a lógica clássica de primeira ordem e de estar em consonância com a física moderna. Quine comenta que “de acordo com o princípio da relatividade de Einstein, o espaço e o tempo são distinguíveis apenas em relação a uma velocidade. Essa descoberta não deixa nenhuma alternativa razoável além de tratar o tempo como algo semelhante ao espaço” (Quine 1960, p.156). Enquanto a lógica temporal de Prior tende a separar o tempo das outras dimensões, a abordagem de Quine o integra às três dimensões espaciais, tratando-o de forma equivalente.

Prior esteve ciente das críticas à sua lógica temporal baseadas na aparente incompatibilidade com a teoria da relatividade, e sugeriu sistemas de lógica modal que, quando interpretados temporalmente, poderiam ser aplicados à teoria da rela-

tividade. Em suas palavras: “Eu sugeriria que, enquanto S4 de fato fornece a lógica modal diodoreana apropriada à teoria geral da relatividade, a lógica modal diodoreana apropriada à teoria especial é pelo menos S4.2” (Prior 1967, p.203). Isso significa que a lógica modal **S4.2** seria capaz de capturar exatamente todas as relações temporais válidas em um espaço-tempo descrito pela relatividade restrita.

Neste texto, investigamos em que medida o método abdutivo pode ser aplicado à escolha entre teorias lógicas, tomando como estudo de caso a disputa entre a lógica clássica e a lógica temporal. Normalmente, os exemplos da aplicação do método abdutivo em disputas entre lógicas consideram lógicas clássicas e não clássicas. Acreditamos que também há desacordos entre a lógica clássica e lógicas que a estende, sem negar seus princípios, como é o caso da lógica temporal. Isso ocorre porque os desacordos não surgem apenas da relação de consequência lógica (o que se segue do quê), mas de pressupostos dos autores sobre a natureza do tempo e da linguagem. Esse texto traz um recorte histórico de um embate entre teorias lógicas e mostra que as limitações do abduativismo lógico não aparecem apenas em disputas clássicas versus não clássicas, mas também em debates sobre lógicas que se apresentam como extensões da primeira.

2. Método

Priest apresenta sua proposta de escolha de teorias lógicas sob o nome de “abduativismo lógico”. Na filosofia da ciência contemporânea, a abdução passou a ser interpretada como inferência para a melhor explicação (IBE - *Inference to the Best Explanation*). Autores como Williamson (2017), Priest (2014), e Hjortland (2017) falam sobre o uso desse método para a justificação da escolha de teorias lógicas. O método do abduativismo lógico consiste em justificar a seleção de teorias com base em suas virtudes, tais como “quão bem se ajustam às evidências, [...] força, simplicidade, elegância e poder unificador” (Williamson 2017, p.334); ou “adequação aos dados [...] simplicidade, não-(ad hocness), poder unificador, fecundidade” (Priest 2014, p.217). Esses critérios, chamados “virtudes teóricas” não têm pesos fixos, sua aplicação depende do contexto e dos objetivos da investigação, mas em geral, considera-se que a característica que mais influencia na escolha de uma teoria é o quão bem a teoria se adequa aos dados que pretende explicar.

A distribuição das virtudes teóricas não é uniforme (algumas podem pesar mais ou menos para a justificação de uma teoria). Para Priest, a teoria não precisa ser a melhor em todos os critérios, mas sim a melhor em um número suficiente deles. O autor reconhece que isso pode parecer vago, mas que é possível tornar o método mais objetivo com um modelo formal. Tendo isso em vista, Priest (2016) propõe um modelo, como uma forma de “reconstrução racional” do que acontece em disputas teóricas.

O método consiste no seguinte. Suponha que concordamos em uma lista de critérios relevantes para a escolha de uma teoria, como adequação aos dados, simplicidade, consistência, poder explicativo, etc. A cada critério atribuímos uma constante c , de modo a obtermos o conjunto $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$. Diante de uma teoria lógica T , avaliamos como a teoria se sai em cada critério e atribuímos a eles uma nota, dentro de uma escala que vai de -10 a $+10$. Porém, os critérios não possuem necessariamente o mesmo grau de importância. A cada critério c_i pode ser atribuído um peso w_i , que é levado em consideração na somatória. A teoria escolhida é a que receber a maior pontuação nessa somatória, definida pela fórmula abaixo:

$$\rho(T) = w_{c_1}\mu_{c_1}(T) + \dots + w_{c_n}\mu_{c_n}(T),$$

onde $\rho(T)$ é o índice de racionalidade da teoria; T é a teoria em disputa; c é o critério; $\mu_c(T)$ é a pontuação da teoria no critério; e w_c é o peso do critério. A questão é: como atribuir os pesos e pontuações? Segundo Priest, “A maneira exata de articular muitos dos critérios é controversa” (Priest 2016, p.351). Por isso, Priest não propõe que as disputas reais sejam resolvidas simplesmente fazendo este cálculo, pois reconhece que o modelo pode ser simplista, e a atribuição de pesos aos critérios pode não ser exata: “esperar valores exatos para as várias quantidades parece excessivamente irrealista, embora possamos esperar que haja consenso suficiente sobre números aproximados para dar respostas determinadas” (Priest 2016, p.349).

A intenção de Priest ao apresentar tal modelo é aproximar a lógica da prática científica. Mesmo que as pessoas não usem esse cálculo explicitamente, quando estão discutindo sobre disputas entre teorias (sejam teorias científicas ou lógicas) estão, segundo o autor, ponderando esses critérios: adequação aos dados, simplicidade, consistência, etc. Para Priest, a escolha entre teorias lógicas é um caso específico de escolha teórica em geral.

No artigo “Logical Theory-Choice: the Case of Vacuous Counterfactuals” (2019) Priest ilustra esse método, aplicando esse modelo a um caso específico: o debate entre vacuismo e não-vacuismo no tratamento de contrafactuais. Ele usa como virtudes teóricas: consistência, simplicidade, poder, poder unificador, e adequação aos dados. Aqui, escolhemos as mesmas virtudes teóricas, no intuito de oferecer uma reconstrução análoga para o embate entre lógica clássica e lógica temporal.

3. Lógica em Quine

A lógica clássica moderna foi motivada pelo desejo de fundamentação de argumentos da matemática, onde o tempo não é um aspecto relevante. Todavia, Quine reconhece que o tempo verbal pode influenciar a validade de certos argumentos na linguagem natural: “Embora Quine admita a relevância do tempo verbal para a validade de

argumentos informais, ele o encara como realmente não essencial, um reflexo da propensão da linguagem ordinária em relação à perspectiva temporal do falante” (Haack 2002, p.213). Para ele, quando formalizamos o argumento, devemos eliminar o tempo verbal e traduzir os enunciados em termos atemporais, usando, por exemplo, referências a datas, épocas ou eventos.

Por exemplo, seja o argumento (Quine 1960, p.155): George casou com Mary; Mary é viúva; Logo, George casou com uma viúva. A opção de Quine para formalizar argumentos como esse segue três passos: 1) reescrever todas as sentenças substituindo palavras com flexão verbal para verbos no presente 2) adicionar marcadores de tempo fixos, como ‘agora’, ‘então’ ‘antes de t ’, ‘depois de t ’; e 3) formalizar o argumento quantificando sobre as variáveis marcadoras de tempo. Assim, o argumento desse exemplo seria lido: “George se casa antes de agora com Mary, e Mary é uma viúva agora; logo George se casa antes de agora com (alguém que) é uma viúva agora” (Quine 1960, p.155). A formalização ficaria do seguinte modo:

$\exists x(Axa \wedge Cgmx \wedge Vma)$ $\exists x\exists y(Axa \wedge Cgyx \wedge Vya)$	Onde: A: x é anterior a y C: x casa com y em z V: x é viúva em y g: George m: Mary a: agora
---	---

A vantagem dessa abordagem, segundo Quine, é que os objetos físicos (como George e Mary) são tratados em conjunto com o tempo, assim como na teoria da relatividade restrita. Para tratar as variáveis $\{t, x, y, z, \dots\}$ unificando tempo e espaço, Quine explica que elas variam sobre “épocas”, que são “fatias” espaço-temporais. Para Quine, uma época de uma hora “pode ser entendida como uma fatia de uma hora de espessura do mundo material quadridimensional, exaustiva espacialmente e perpendicular ao eixo do tempo” (Quine 1960, p.157). Ao fazer isso, Quine propõe que as variáveis da lógica não variam sobre objetos, simplesmente, mas sobre estágios temporais desses objetos: “Então, onde x é um objeto espaço-temporal, podemos interpretar ‘ x em t ’ como nomeando a parte comum de x e t ” (Quine 1960, p.157).

Fazendo isso, Quine elimina o traço do discurso temporal da linguagem natural e o representa na lógica de modo atemporal (*tenseless*). Desse modo, o valor de verdade dessas sentenças não pode variar de acordo com o tempo em que são enunciadas, como na lógica de Prior. Para Quine: “A única atitude sustentável em relação a quantificadores e outras notações da lógica moderna é interpretá-los sempre, em todos os contextos, como atemporais” (Quine 1953, p.442).

Ao substituir as marcações temporais da linguagem natural, Quine busca manter a formalização numa lógica extensional. Como observa Haack, “Quine veria sua proposta, num sentido importante, como uma proposta conservadora porque seu objetivo é o de permitir a representação do discurso temporal dentro de um formalismo extensional” (Haack 2002, 214). Para Quine, as sentenças formalizadas não devem mudar o seu valor de verdade conforme o momento em que são enunciadas, mas devem ser “eternas”, ou seja, seu valor de verdade deve ser constante. Assim, uma sentença como “George casou com Mary” não é completa, no sentido de que é preciso uma reformulação dela para que se possa atribuir um valor de verdade adequado. Essa visão contrasta, em grande medida, com a posição de Prior, que percebeu que, na história da lógica, as sentenças nem sempre foram tratadas como eternas, no sentido insistido por Quine.

Embora a lógica clássica tenha deixado de lado o tempo como algo relevante, e tenha passado a tratar as sentenças formalizadas como ‘atemporais’, Prior percebeu que lógicos antigos e medievais já pensavam o tempo de forma lógica, e concebiam que a atribuição do valor de verdade a sentenças pode variar com o tempo em que a sentença é enunciada. Por exemplo, se digo “alguém está sentado” esta sentença permanece verdadeira enquanto a pessoa em questão estiver sentada, mas muda seu valor de verdade quando a pessoa se levanta. Para Prior a sentença “alguém está sentado” é uma sentença completa, ou seja, não é preciso nenhuma reformulação dela, como “alguém está sentado no instante t ”, para que se possa atribuir valor de verdade.

Expressões como “no instante t ” são inadequadas para explicar as visões escolásticas de tempo e movimento. Para um escolástico, “Sócrates está sentado” é uma proposição completa, enunciável, que às vezes é verdadeira, às vezes falsa; não uma expressão incompleta que exija uma frase adicional como “no instante t ” para transformá-la em uma afirmação. (Prior 1967, p.15).

A ideia de Prior de que sentenças são completas está relacionada a sua visão sobre a natureza da lógica: “A lógica lida, no fundo, com afirmações — ela investiga quais afirmações decorrem de quê” (Prior 1958b, p.1), mas como observa Prior, “os lógicos não concordam inteiramente quanto ao que é uma afirmação. Lógicos antigos e medievais pensavam em uma afirmação como algo que pode ser verdadeiro em um momento e falso em outro” (Prior 1958b, p.1). Já Quine, por outro lado, acredita que as sentenças não podem ser consideradas completas no sentido defendido por Prior: “Pois há lógicos que negam que “afirmações” que podem ter valores de verdade diferentes em momentos diferentes sejam realmente afirmações completas ou “fechadas”. Esta parece ser a visão do Professor Quine” (Prior 1957, p.25). Veremos, a seguir, a proposta da lógica temporal de Prior e suas diferenças em relação à abordagem clássica de Quine.

4. Lógica em Prior

A lógica temporal surgiu em um contexto muito específico: o paradoxo da onisciência divina. A crença na onisciência divina é a posição de que Deus conhece todas as coisas, inclusive o que irá acontecer no futuro. Isso significa que, se Deus sabe o que vamos fazer, então nossas ações já estão determinadas, pois se nossas ações fossem diferentes do que Deus havia previsto, então Deus não seria onisciente. Defender que Deus é onisciente e que *há* livre arbítrio acarreta em um paradoxo lógico.

A saída que Prior buscou não foi rever os princípios lógico clássicos e tentar acomodar paradoxos como esse, mas sim, rever uma das premissas do argumento: Se Deus é onisciente, Deus conhece as ações humanas futuras. A ideia de “conhecer coisas futuras” fez o autor pensar profundamente sobre a natureza do tempo. Ele queria uma lógica que conseguisse expressar o modo como falamos sobre passado, presente e futuro, e como as verdades sobre o futuro não precisam ser fixas.

Prior desejava, com o desenvolvimento da lógica temporal, formalizar a ideia de que as sentenças podem mudar seu valor de verdade com o tempo, como levantado pelos antigos. Para isso, estabeleceu a sintaxe da lógica temporal com a inclusão de 4 novos operadores: *F*: “será o caso que ...”; *P*: “foi o caso que ...”; *G*: “sempre será o caso que ...”; *H*: “Sempre foi o caso que ...”. Os operadores temporais, diferentemente dos operadores do cálculo proposicional clássico, não são funções de verdade, ou seja, seu valor de verdade não pode ser definido a partir do valor de verdade das fórmulas às quais eles se aplicam. Para interpretá-los, é necessário adotar uma interpretação semântica diferente da usada na lógica clássica.

Na lógica temporal as fórmulas não são verdadeiras, simplesmente, mas verdadeiras em um determinado instante de uma estrutura. Uma estrutura *E* é um par ordenado $E = \langle T, < \rangle$ onde *T* é um conjunto não vazio (entendido como um conjunto de instantes) e $< \subseteq T \times T$. O valor de verdade das fórmulas passa a ser relativizado a instantes, e o que irá determinar quais fórmulas são tautologias ou consequências lógicas de algum conjunto de fórmulas é o modo como tais instantes estão ordenados por $<$.

Com o surgimento de uma semântica adequada para a lógica temporal, o caráter puramente formal da lógica temporal foi, aos poucos, sendo complementado por uma investigação sobre a ontologia do tempo. Uma estrutura temporal *E* onde a relação $<$ é linear, por exemplo, pode ser vista não apenas como um modo formal de definir uma semântica, mas como uma representação de uma concepção de tempo específica: a ideia de que o tempo é linear, como se os instantes estivessem ordenados em uma linha reta que flui do presente em direção ao futuro.

Como dito, uma das motivações de Prior com o desenvolvimento da lógica temporal foi o problema do livre-arbítrio. Prior acreditava que a representação do tempo como uma linha reta não permite exprimir os aspectos fundamentais da livre esco-

lha. Ao representarmos o tempo de modo linear, afirmar sentenças do tipo Fp faz parecer que o futuro já está, de certo modo, determinado. A intenção de Prior era representar que algumas proposições sobre o futuro, como Fp , dependem da livre escolha dos agentes, não podendo ter o seu valor de verdade determinado até que a escolha se realize. Por isso, Prior encontrou em uma sugestão de Kripke um modelo para a integração de sua lógica com o indeterminismo:

Agora, em um sistema indeterminado, talvez não devêssemos considerar o tempo como uma série linear, como você fez. Dado o momento presente, existem várias possibilidades de como pode ser o próximo momento – e para cada possível próximo momento, existem várias possibilidades para o próximo momento depois disso. Assim, a situação assume a forma, não de uma sequência linear, mas de uma “árvore”. (Kripke 1958, citado por Ploug & Øhrstrøm 2012, p.374).

A noção de tempo ramificado de Prior envolve o futuro “aberto”, no sentido de conter possíveis alternativas para o presente estado do mundo. O passado, por outro lado, é fixo e não é passível de alteração. Para Prior, esta assimetria entre passado e futuro é essencial para o indeterminismo. Com a defesa do modelo de tempo ramificado, Prior coloca em destaque o momento presente, pois é o momento em que o futuro “indeterminado se torna determinado” (Ploug & Øhrstrøm 2012, p.371).

Prior defende que sua lógica, em especial quando usa axiomas que representam um “futuro ramificado”, é capaz de capturar o a ideia de que o passado é fixo, mas o futuro é aberto e indeterminado. Segundo o autor, essa é uma ideia importante que a teoria da relatividade não conseguiria capturar. Para ele, a sua lógica temporal consegue expressar: “o sentimento antigo e arraigado de que o passado está além do nosso controle (e, portanto, “necessário”) de uma forma que o futuro não o é; mas pode-se duvidar que a teoria da relatividade seja compatível com uma distinção tão radical entre passado e futuro como esta” (Prior 1958a, p.119). Apesar de discordar do conceito de tempo da teoria da relatividade, Prior reconheceu as críticas à sua lógica baseadas em tal conceito, e tratou desse tema ao longo de seus escritos.

5. Lógica temporal e tempo físico

Diversas formas de lógica temporal para a teoria da relatividade foram estudadas desde os primeiros trabalhos de Prior. O primeiro a abordar essa questão e indicar um caminho para uma possível solução foi o próprio Arthur Prior, que sugeriu o sistema modal **S4**, quando interpretado temporalmente, seria adequado à teoria da relatividade geral, enquanto **S4.2** seria adequado à relatividade restrita (Prior 1967, p.203). De fato, a sugestão de Prior estava certa e isso foi demonstrado por Robert

Goldblatt em 1980 no artigo “*Diodorean Modality in Minkowski Spacetime*”. Nesse artigo, Goldblatt investiga a ordenação dos eventos na TRR e demonstra que o sistema **S4.2** é completo em relação à estrutura temporal baseada na Teoria da Relatividade Restrita, ou seja, que “as sentenças válidas nessa estrutura são precisamente os teoremas da conhecida lógica **S4.2**” (Goldblatt 1980, p.219).

Os axiomas de **S4.2** são: K: $\Box(\alpha \rightarrow \beta) \rightarrow (\Box\alpha \rightarrow \Box\beta)$; T: $\Box\alpha \rightarrow \alpha$; 4: $\Box\alpha \rightarrow \Box\Box\alpha$; G: $\Diamond\Box\alpha \rightarrow \Box\Diamond\alpha$. Substituindo \Box por G e H , e \Diamond por F e P , obtém-se suas versões temporais. Esses axiomas, quando interpretados em uma semântica como a de Kripke, são válidos em estruturas reflexivas, transitivas e reticuladas, que é justamente a estrutura do espaço-tempo da teoria da relatividade restrita. Dada a estrutura do espaço-tempo da TRR, Prior identificou que o axioma G ($FG\alpha \rightarrow GF\alpha$ e $PH\alpha \rightarrow HP\alpha$), da lógica **S4.2**, seria característico de uma lógica temporal adequada ao espaço-tempo relativístico. Segundo Prior:

Em termos de U-calculi — de álgebra pura, por assim dizer — a condição correspondente ao axioma $CMLpLMp [\Diamond\Box p \rightarrow \Box\Diamond p]$ de S4.2 (o axioma lógico-temporal subjacente seria $CFGpGFp [FGp \rightarrow GFp]$) é dada por $CUabCUacEdKUbdUcd [Uab \rightarrow (Uac \rightarrow (\exists d(Ubd \wedge Ucd)))]$ (Prior 1967, p.204)

O que Prior chama de “U-calculi” é um modelo introduzido por ele como uma forma de traduzir as sentenças da lógica temporal em uma linguagem baseada na relação entre instantes. A letra U é uma relação de anterior ou posterior, assim, a expressão Uab pode ser lida como “o instante a é anterior ao instante b ” ou “o instante b é posterior ao instante a ”. Se a relação U tiver certas propriedades, determinados axiomas se tornam válidos. No caso da propriedade citada $Uab \rightarrow (Uac \rightarrow (\exists d(Ubd \wedge Ucd)))$, é uma relação que torna válido o axioma $FGp \rightarrow GFp$.

Essa condição de ordenação temporal entre os instantes a , b , c , e d da fórmula é explicada do seguinte modo: “Se b e c estão no futuro de a , então há algum d que está no futuro de ambos” (Prior 1967, 204). Ou seja, para quaisquer dois pontos b e c , sempre há um futuro d comum a ambos. Em outras palavras, o futuro de ambos converge. Quando assumimos essa propriedade de ordenação temporal, o axioma G da lógica **S4.2** torna-se sempre válido. Prior percebeu que essa é justamente a estrutura do espaço-tempo da teoria da relatividade restrita:

Se interpretarmos Uab como afirmando que o ponto espaço-temporal b está dentro do “cone de luz” futuro de a , a fórmula acima afirmará que, se dois pontos espaço-temporais b e c estão ambos dentro do cone de luz futuro de algum ponto a , então existe algum ponto d que está dentro do cone de luz futuro de ambos. A questão é simplesmente que todos os cones de luz futuros eventualmente se interseccionam. (Prior 1967, p.204)

Essa propriedade do espaço-tempo da relatividade restrita, de que o futuro causal de dois pontos que compartilham uma origem comum sempre se intersecta em algum momento, pode ser representada do seguinte modo:

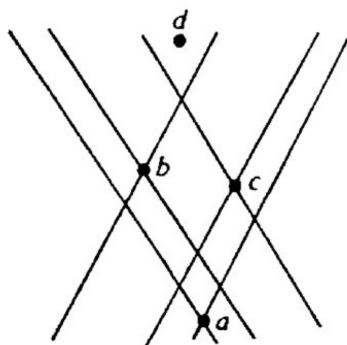


Figura 1: Interseção de cones de luz futuros
Fonte: Prior 1967, p.204.

Na imagem, os pontos *b* e *c* estão ambos dentro do cone de luz de *a*, portanto, no futuro causal de *a*. E não importa o quão distante eles estejam, os seus cones de luz eventualmente se cruzam, ou seja, sempre há um ponto *d* comum ao futuro de ambos. Em termos de lógica temporal, “E se, em *a*, for o caso, digamos em *b*, que algo ou outro sempre será o caso (preencherá todo o cone de luz futuro de *b*), então em *a* sempre será o caso [...], em resumo, $CFGpGFp [FGp \rightarrow GFp]$ ” (Prior 1967, p.204).

Prior reconhecia os desafios que a relatividade colocava à sua lógica, mas mesmo assim explorou os possíveis ajustes que pudessem compatibilizar a sua lógica com a teoria da relatividade. O desenvolvimento posterior da lógica temporal fez questionar a legitimidade das críticas direcionadas a essa lógica baseadas na incompatibilidade dela com a física moderna.

6. Escolhendo a melhor teoria

A preocupação inicial de Prior era criar uma lógica que se adeque ao discurso natural marcado temporalmente e, para isso, era importante manter a ‘sensação’ de passagem do tempo por meio de valores de verdade que variam em diferentes instantes. Já em Quine, por outro lado, não há espaço para uma lógica cuja verdade varie temporalmente; a questão do tempo pertence ao domínio da física, não da lógica. Como resume Lacey: “Para Prior, as distinções temporais dizem respeito à forma de uma declaração, enquanto para Quine elas dizem respeito ao conteúdo; para Prior, o tempo diz respeito à lógica, para Quine, à física” (Lacey 1971, p.53). O quadro a seguir resume as diferenças nas abordagens dos autores:

Ao discutir sobre as propostas de Quine e Prior, Susan Haack afirma: “Um fator que pode, algumas vezes, nos ajudar a decidir uma tal competição é que um sa-

Abordagem de Prior	Abordagem de Quine
Mantém tempos verbais (<i>tensed</i>)	Elimina tempos verbais (<i>tenseless/detensed</i>)
A lógica diz respeito à linguagem	A lógica diz respeito ao mundo
Formalismo intensional	Formalismo extensional
Formalização mantém a estrutura da linguagem natural	Formalização rearranja as sentenças da linguagem natural
Sentenças temporais, há mudança no valor de verdade	Sentenças atemporais, não há mudança no valor de verdade
Espírito newtoniano	Espírito relativístico

Comparação entre as abordagens de Quine e Prior sobre o tempo na lógica.

Fonte: adaptado de Haack 2002, p.21

crifício, seja da austeridade do formalismo, seja da simplicidade da paráfrase, será mais bem justificado quanto mais amplo for o escopo das vantagens ganhas por ele” (Haack 2002, p.218). Sacrificar a ‘austeridade do formalismo’ significa incluir novos operadores na linguagem clássica ‘austera’, como os operadores temporais e, consequentemente, mudar a semântica clássica (como faz Prior). Sacrificar a ‘simplicidade da paráfrase’ significa aceitar que a formalização fique muito diferente da linguagem natural, como reescrever tudo em termos de épocas e estágios temporais (Como faz Quine). Para Haack, a decisão deve considerar quanto de benefício se ganha com o sacrifício feito.

Nessa mesma linha, Lacey argumenta que tanto a lógica clássica quanto a lógica temporal podem ser suficientemente amplas para expressar todos os fatos temporais e todas as teorias científicas sobre o tempo, mas que uma decisão entre elas exigiria o desenvolvimento conjunto de ambas.

Os argumentos discutidos não conseguiram refutar a teoria de Quine. Por outro lado, a teoria rival dos lógicos temporais também não pode ser facilmente refutada. Ambas as teorias podem permitir a expressão de todos os fatos temporais e de todas as teorias científicas relativas ao tempo. Para decidir entre elas, creio que é necessário que as duas teorias se desenvolvam em conjunto. Então, talvez, uma escolha entre elas possa ser feita com base na simplicidade. (Lacey 1971, p.66)

Examinaremos quais virtudes teóricas podem ser atribuídas a cada uma das lógicas aqui discutidas, buscando determinar em que medida o método proposto pode orientar a escolha entre elas. Conforme o método abduutivo: “Quando uma teoria T obtém uma pontuação suficientemente alta como uma explicação potencial da nossa evidência E, e melhor do que as suas rivais, podemos inferir T a partir de E por inferência à melhor explicação” (Williamson 2016, p.266). A pergunta que naturalmente surge é: qual é a evidência que Quine e Prior estão tentando explicar? E como suas

teorias se pontuam nas virtudes teóricas, como simplicidade, consistência, adequação aos dados, etc.?

7. Evidências

Começemos com Prior. Qual é a evidência que ele tenta explicar? Vimos que a sua lógica temporal surgiu de um problema que, a princípio, parece linguístico: o paradoxo do livre-arbítrio. Partindo de premissas aceitas, a de que Deus é onisciente e de que possuímos livre arbítrio, chegamos a duas conclusões possíveis: 1) Deus é onisciente e Deus não é onisciente; e 2) possuímos livre arbítrio e não possuímos livre arbítrio. Diante desse impasse, parece haver três soluções possíveis:

- 1) Mudar as premissas: estabelecer que deus não é onisciente ou que não há livre arbítrio;
- 2) Aceitar a contradição: e, conseqüentemente, mudar princípios da lógica clássica;
- 2) Repensar o papel do tempo no argumento: afirmar ‘onisciência’ como conhecer tudo, inclusive o *futuro*, acarreta em conhecer como iremos agir, o que acarreta na impossibilidade de se agir livremente.

Prior escolhe a terceira opção. Dizer que ‘Deus é onisciente’, no sentido original de ‘ser onisciente’ significa que deus conhece tudo, inclusive o futuro. Todavia, para Prior, o futuro ainda não existe para ser conhecido. Conseqüentemente, o autor foi levado a pensar sobre os critérios para se atribuir valor de verdade a sentenças que falam sobre o futuro, e sobre como o discurso temporal é representado na lógica – com isso, desenvolve a lógica temporal. Portanto, a lógica temporal parece partir, a princípio dessa evidência: o paradoxo semântico do livre-arbítrio e onisciência divina. Contudo, após o desenvolvimento da lógica temporal com Prior, seria precipitado dizer que essa ainda é a evidência que a lógica temporal tenta explicar, pois a lógica temporal passou a lidar com outras duas evidências: o tempo, e as representações temporais na linguagem natural.

O ponto de partida de Prior para lidar com o paradoxo da onisciência e livre-arbítrio foi aceitar que há futuros contingentes, ou seja, proposições sobre o futuro que não são nem necessárias e nem impossíveis. E para analisar tais proposições, Prior percebeu que “os tempos verbais teriam que ser levados a sério na lógica; isto é, devemos incluir os tempos verbais relevantes no formalismo que estamos usando para realizar a análise lógica” (Øhrstrøm 2023, p.7). Essa observação nos conduz à primeira evidência que motiva o desenvolvimento da lógica temporal, que chamaremos de **E1**:

E1: *Argumentos da linguagem natural cujo tempo verbal influencia na sua validade.*

Consideremos o argumento: se João é professor, então João trabalha em uma escola; João será professor; logo, João trabalha em uma escola. Na linguagem natural, esse argumento parece inválido: o fato de João vir a ser professor no futuro não garante que ele já trabalhe em uma escola agora. No entanto, ao ser formalizado na lógica clássica ($p \rightarrow q, p \vdash q$), o argumento se torna válido. Esse tipo de divergência sugere que a lógica clássica não consegue capturar aspectos relevantes da temporalidade presentes em nossa linguagem. É esse um tipo de evidência que a lógica temporal busca explicar: casos em que a validade de um argumento depende do tempo verbal das proposições envolvidas.

No entanto, a linguagem não é a única motivação para o desenvolvimento da lógica temporal. O desenvolvimento de axiomas que representam estruturas temporais e a defesa de uma ontologia do tempo, como o presentismo, indicam que a lógica temporal de Prior não se limita a resolver questões linguísticas, mas visa também oferecer uma representação da própria estrutura temporal da realidade. Isso nos leva à segunda evidência que a lógica temporal lida:

E2: *a natureza do tempo.*

Vejam agora as evidências que Quine busca explicar na lógica. No caso de Quine, a lógica está alinhada à sua abordagem naturalista. Para Quine, a evidência para teorias lógicas vem de quão bem essas teorias funcionam dentro da estrutura científica total (sua teia de crenças) e a lógica é justificada por sua utilidade e coerência com a ciência empírica. Portanto, a evidência que, segundo Quine, a lógica busca explicar é a seguinte:

E3: *A adequação da lógica à linguagem da ciência e ao sucesso das teorias empíricas.*

Essa evidência justifica a sua defesa da lógica clássica. Para ele, essa lógica se ajusta bem à ciência como um todo. As evidências que elencamos, **E1**, **E2** são prioridades para Prior, enquanto que a evidência **E3** o é para Quine. Isso pode apontar para uma crítica recorrente ao método abductivo na escolha de lógicas: não há acordo sobre o que conta como evidência em lógica. Apesar disso, procuramos aqui definir as evidências com base em um terreno comum possível entre os autores. Estabelecidas as três evidências, passamos, na próxima seção, à comparação entre as duas lógicas, analisando as virtudes teóricas que cada uma apresenta para explicá-las.

8. Virtudes teóricas

Usaremos como critérios as virtudes teóricas usadas por Priest (2019): consistência, simplicidade, poder, poder unificador e adequação aos dados. Cabe ressaltar que essa lista não é fixa. Este é, inclusive, outro ponto frequentemente criticado no abductivismo lógico: o que conta como virtude teórica pode variar. Ainda assim, adotaremos a lista proposta por Priest como ponto de partida, já que nos basearemos em seu método.

O passo seguinte, após a escolha das virtudes, é definir cada uma delas, para que se possa avaliar o desempenho de uma teoria em relação a esses critérios. O próprio Priest, no entanto, não fornece definições explícitas do que entende por cada virtude. Em geral, os significados parecem estar pressupostos nas discussões sobre escolha de teorias. Todavia, não achamos que as definições são óbvias e consensuais a todas as partes da disputa, por isso, faremos o esforço de estabelecer essas definições.

- **Consistência:** a teoria não deriva contradições
- **Simplicidade da paráfrase:** a teoria T1 é mais simples que a teoria T2 se a quantidade de símbolos usados para formalizar um argumento da linguagem natural na teoria T1 é menor do que na teoria T2.
- **Simplicidade conceitual:** a teoria T1 é mais simples que T2 se envolve menos conceitos.
- **Simplicidade ontológica:** a teoria T1 é mais simples que T2 se postula menos entidades.
- **Poder:** a teoria T1 tem mais poder que T2 se a quantidade de inferências válidas em T1 é maior que em T2.
- **Poder unificador:** capacidade de uma teoria de aplicar-se a diferentes domínios.
- **Adequação aos dados:** adequação às evidências listadas E1, E2 e E3.

A definição de consistência é a usual: uma teoria é consistente se não possui uma fórmula α , tal que α e $\neg\alpha$ sejam teoremas da teoria. A ‘simplicidade da paráfrase’ é um conceito usado por Susan Haack (2002) ao discutir a disputa entre Quine e Prior. Os termos ‘simplicidade conceitual’ e ‘simplicidade ontológica’ são usadas por Priest (2019), bem como os termos de ‘poder’ e ‘poder unificador’. Em relação à adequação aos dados, estamos usando os termos ‘dados’ e ‘evidências’ no mesmo sentido, e as evidências a serem considerados são aquelas listadas na seção anterior.

Em relação à consistência, o resultado é imediato: ambas as teorias são consistentes. A matriz a seguir ilustra o critério.

	Lógica Clássica	Lógica Temporal
Consistência	+	+

Em relação à simplicidade da paráfrase, a lógica temporal apresenta a maior vantagem. Como em exemplos vistos anteriormente, frases como “George casou com Mary” podem ser formalizadas na lógica temporal de Prior apenas com um operador e uma variável proposicional, como Pp . Já na abordagem de Quine, a mesma frase exige uma reformulação mais extensa, como $\exists x(Axa \wedge Cgmx)$, que pode ser lido como: existe um momento x , tal que é anterior ao agora e George casa com Mary em x .

	Lógica Clássica	Lógica Temporal
Simplicidade da Paráfrase		+

Para avaliar a simplicidade conceitual, vamos listar os conceitos que ambas as lógicas envolvem. A lista, é claro, depende do que se entende por ‘conceitos’ dentro de cada lógica. Em Priest (2019), por exemplo, o autor considera a introdução de mundos impossíveis como um aumento da complexidade conceitual em relação ao vacuismo. Todavia, o autor não dá uma distinção clara entre simplicidade conceitual e ontológica: ele trata “mundos impossíveis” tanto como ‘conceitos’ quanto como ‘entidades’. Ao tratar da simplicidade conceitual, Priest aponta que “a maquinaria dos mundos impossíveis aumenta a complexidade da semântica de mundos possíveis” (Priest 2019, p.289). Ao tratar da simplicidade ontológica, Priest diz que “dependendo de como se entende os mundos, estes [mundos impossíveis] poderiam ser um tipo extra de entidade” (Priest 2019, p.289). Para fazer a nossa análise, iremos entender como ‘conceitos’ os elementos da sintaxe e da semântica das teorias (esses estão envolvidos no critério de Simplicidade Conceitual); e entenderemos como ‘entidades’ os elementos necessários para interpretar e compreender as teorias (esses estão envolvidos no critério de Simplicidade Ontológica).

Em relação aos elementos da sintaxe de cada teoria, temos, na lógica temporal: operadores lógicos e variáveis proposicionais; e na lógica clássica, temos: operadores lógicos, quantificadores, variáveis individuais, constantes individuais e constantes de predicado. A lógica temporal, portanto, é mais simples nesse aspecto. Em relação aos elementos semânticos das teorias, a lógica temporal é mais complexa, pois, quando é baseada em uma semântica de mundos possíveis, acrescentamos o conceito de ‘estruturas temporais’ (um conjunto de instantes e uma relação de ordenação entre os elementos desse conjunto). Portanto, a lógica temporal parece ser mais simples sintaticamente, porém a lógica clássica é mais simples semanticamente.

	Lógica Clássica	Lógica Temporal
Simplicidade Conceitual	+	+

Vejamos agora o critério de simplicidade ontológica. Como vimos, a semântica da lógica temporal introduz o conceito de ‘estruturas temporais’, que envolve um conjunto não vazio, geralmente interpretado como um conjunto de instantes de tempo – tais instantes podem ser considerados as entidades que a teoria postula. Em relação às entidades postuladas por Quine, considerando que o autor usa como argumento em defesa da lógica clássica a compatibilidade dela com a teoria da relatividade restrita, podemos entender como ‘entidades’ os elementos necessários para interpretar e compreender esse argumento. Quine introduz os elementos: épocas (fatias do espaço-tempo), estágios temporais de indivíduos (porções de um indivíduo em uma época), eventos (como o casamento, ocorrendo em uma época específica), e relações entre épocas (como x é anterior a y). Quine postula mais entidades que Prior, portanto, a lógica temporal parece apresentar maior vantagem no critério de Simplicidade Ontológica.

	Lógica Clássica	Lógica Temporal
Simplicidade Ontológica		+

Em relação ao critério de Poder, definimos que uma teoria T1 tem mais poder que T2 se a quantidade de inferências válidas em T1 é maior que em T2. A lógica temporal proposicional é uma extensão do cálculo proposicional clássico. Então, poderíamos dizer, a princípio, que a lógica temporal tem maior poder que a clássica, visto ser uma extensão da primeira: o conjunto de inferências válidas na lógica proposicional clássica é um subconjunto do conjunto de inferências válidas na lógica temporal. Todavia, quando Quine defende a lógica clássica, ele não se refere apenas ao cálculo proposicional, mas sim à lógica clássica de primeira ordem. Por isso, para avaliar este critério, é importante ter bem delimitado quais são as teorias lógicas que estamos usando. Enquanto ‘lógica clássica de primeira ordem’ estamos entendendo o cálculo quantificacional clássico de primeira ordem com os símbolos: $\{\forall, \exists, \rightarrow, \vee, \wedge, \neg, \leftrightarrow, x, y, z, \dots, a, b, c, \dots, P, Q, R, \dots\}$.

Poderíamos então dizer que, a lógica temporal, quando estendida com tais símbolos, continua sendo mais forte que a lógica clássica, pois continua sendo uma extensão desta: as inferências válidas na lógica clássica são simplesmente aquelas válidas na lógica temporal (onde não ocorrem operadores temporais). Mas note que em nenhum momento de nossa comparação usamos lógica temporal quantificada, estamos usando a lógica temporal proposicional, com operadores lógicos e variáveis proposicionais apenas. Ao estender lógicas modais (como a temporal) com a introdução de quantificadores, ganha-se poder expressivo, porém esbarra-se em questões que podem afetar sua simplicidade conceitual e ontológica.

Como aponta Quine, em contextos não-modais, a quantificação opera sobre objetos concretos no mundo, como pessoas, planetas, etc., mas, quando introduzimos operadores modais, a referência a esses objetos se torna ambígua. Por exemplo, se

dizemos “Existe algo que necessariamente é P”, corremos o risco de atribuir necessidade a uma entidade apenas por causa do modo como ela é nomeada, o que pode levar à multiplicação ontológica de objetos, como tratar “Estrela da Manhã” e “Estrela da Tarde” como se fossem entidades separadas.

O que mostrarei é que isso tem consequências ontológicas peculiares. Isso nos leva a sustentar que não existem objetos concretos (homens, planetas, etc.), mas sim que existe apenas, correspondendo a cada suposto objeto concreto, uma multiplicidade de entidades distinguíveis (talvez “conceitos individuais”, na expressão de Church). Isso nos leva a sustentar, por exemplo, que não existe uma bola de matéria como o chamado planeta Vênus, mas sim pelo menos três entidades distintas: Vênus, Estrela da Tarde e Estrela da Manhã. (Quine 1947, p.47).

A crítica de Quine à quantificação modal tem um paralelo na lógica temporal, embora os problemas sejam menos aparentes. Ainda assim, podem surgir dificuldades, como o problema de interpretar sentenças existenciais futuras. Por exemplo, podemos querer expressar que estrelas nascem e morrem, mas que sempre haverá ao menos uma estrela no universo. A intenção seria formalizar uma sentença como “sempre haverá uma estrela”. Podemos formalizar usando $\exists x GEx$ (existe x tal que sempre será o caso que x é uma estrela). Mas veja que isso exige que x se refira ao mesmo objeto em todos os momentos futuros, implicando que uma única estrela existirá para sempre, o que não corresponde à intenção original. O que se deseja afirmar, na verdade, é que em cada momento futuro, haverá alguma estrela, mas não necessariamente a mesma. Embora a quantificação temporal seja menos problemática que a modal em termos ontológicos, ainda exige cuidado na formulação de sentenças.

Tendo esclarecido as lógicas que estão sendo comparadas, vejamos a comparação de ambas no critério de Poder. A primeira coisa a destacar é que ambas possuem linguagens diferentes e, portanto, há inferências válidas em uma das lógicas que não são, a princípio, expressáveis na outra. Por exemplo, a inferência $G(p \rightarrow q) \models Gp \rightarrow Gq$ é válida na lógica temporal, mas sua formulação direta não existe na lógica clássica, por falta de operadores temporais. Por outro lado, inferências como $\forall x(Px \rightarrow Qx) \models \forall xPx \rightarrow \forall xQx$ são válidas na lógica clássica, mas não podem ser expressas na lógica temporal proposicional, que não possui quantificação sobre indivíduos.

Dado que as lógicas usam linguagens diferentes, uma estratégia de comparação é a tradução entre lógicas. A ideia consiste em verificar se, para qualquer fórmula de uma teoria T1, há uma correspondência com alguma fórmula da teoria T2. As fórmulas da lógica temporal possuem uma tradução para a lógica clássica de primeira ordem, como demonstrado por Van Benthem (1983). Essa tradução padrão (*Standard Translation* ST) “leva fórmulas temporais φ para fórmulas $ST(\varphi)$ de uma lógica de predicado tendo uma constante de predicado binária $<$ bem como constantes de

predicado unárias P (uma para cada letra proposicional p)” (Van Benthem, 1983, p. 151). A tradução é definida do seguinte modo:

- $ST(p) = Px$;
- $ST(\neg p) = \neg ST(\varphi)$;
- $ST(\varphi \rightarrow \psi) = ST(\varphi) \rightarrow ST(\psi)$;
- $ST(G\varphi) = \forall y(xRy \rightarrow ST(\varphi)[x/y])$;
- $ST(H\varphi) = \forall y(yRx \rightarrow ST(\varphi)[x/y])$;
- $ST(F\varphi) = \exists y(xRy \wedge ST(\varphi)[x/y])$, onde y é uma variável nova;
- $ST(P\varphi) = \exists y(yRx \wedge ST(\varphi)[x/y])$, onde y é uma variável nova.

Onde $ST(\varphi)[x/y]$ é o resultado de substituir a variável livre x por alguma variável nova y . A tradução $ST(p)$ introduz uma variável individual x que pode ser entendida como o “ponto atual de avaliação” (o momento presente). O predicado binário R pode ser entendido como uma relação de precedência entre os momentos x e y . Desse modo, todas as fórmulas da lógica temporal proposicional possuem um correspondente na lógica clássica de primeira ordem. Todavia, o contrário não ocorre, nem todas as fórmulas da lógica clássica possuem um correspondente na lógica temporal. Como apontam Blackburn e Van Benthem (2007) no caso análogo da lógica modal:

A tradução padrão [...] mostra que cada fórmula modal φ corresponde a uma fórmula de primeira ordem $STx(\varphi)$ contendo uma variável livre x . Mas o inverso não se aplica: algumas fórmulas de primeira ordem na linguagem de correspondência não são modalmente definíveis. [...] a lógica modal é estritamente menos expressiva do que a linguagem de correspondência de primeira ordem completa. (Blackburn & Van Benthem 2007, p.21)

Dessa forma, considerando o critério de Poder, entendido como a capacidade de validar um maior número de inferências, a lógica clássica de primeira ordem se mostra superior à lógica temporal proposicional. A lógica temporal pode ser traduzida na lógica clássica, mas inverso não é possível.

	Lógica Clássica	Lógica Temporal
Poder	+	

Agora em relação ao critério de Poder Unificador: este é definido como a capacidade de uma teoria de aplicar-se a diferentes domínios. O resultado aqui está relacionado com o anterior, e com o fato desta comparação ser baseada na lógica temporal *proposicional* apenas. A lógica clássica é um paradigma de aplicação a vários domínios, como matemática, ciências naturais, teorias da verdade. A lógica temporal, por sua vez, possui maior aplicação em certos aspectos da linguagem natural, como a

representação de tempos verbais, na representação da experiência temporal e na filosofia do tempo. Todavia, a versão proposicional da lógica temporal não permite as mesmas aplicações da lógica quantificacional clássica, por isso, é mais restrita em escopo.

	Lógica Clássica	Lógica Temporal
Poder Unificador	+	

O último critério é o de adequação aos dados/evidências. Este é geralmente tratado pelo abduativismo lógico como o mais importante, “Afinal, todo o propósito de uma teoria é dar conta dos dados relevantes” (Priest 2019, p.291). As evidências usadas nessa comparação são as estabelecidas na seção anterior:

E1: *Argumentos da linguagem natural cujo tempo verbal influencia na sua validade.*

E2: *a natureza do tempo.*

E3: *A adequação da lógica à linguagem da ciência e ao sucesso das teorias empíricas.*

Em relação à **E1**, a lógica temporal apresenta vantagem. A lógica clássica interpreta proposições como atemporais. Para ser possível representar as distinções de tempo verbal é necessário reescrever os argumentos de modo artificial, afetando a naturalidade do argumento original. Já a lógica temporal foi desenvolvida justamente para lidar com esse tipo de fenômeno, e introduz operadores que permitem expressar melhor essas relações temporais dos argumentos. Apesar da lógica clássica conseguir adaptar a sua linguagem de modo a formalizar argumentos do tipo **E1**, a lógica temporal o faz de modo mais direto e mais próximo ao discurso natural, portanto, é mais adequada para lidar com a evidência **E1**.

	Lógica Clássica	Lógica Temporal
Adequação a E1		+

Em relação à evidência **E2**, a adequação, é claro, depende do que se entende por “natureza do tempo”. A lógica clássica não visa diretamente representar o tempo: as proposições são avaliadas em um único ponto fixo, sem noção de sucessão e fluxo temporal. Isso reflete uma visão atemporal e estática da realidade, compatível com concepções onde passado, presente e futuro são igualmente reais e fixos. Sendo assim, não há um momento presente privilegiado, o que parece se ajustar à ideia de tempo da teoria da relatividade restrita, onde o tempo é uma dimensão como as outras. É essa a ideia de tempo que Quine visa quando defende que a lógica clássica é adequada a essa evidência.

A lógica temporal, por sua vez, busca representar mudanças ao longo do tempo, usando proposições que podem ser verdadeiras em um momento e falsas outros. A ideia de ‘presente’ é importante para avaliar o valor de verdade das sentenças, o que torna a lógica temporal mais compatível com concepções como o presentismo. O tempo é visto como um fluxo, e não como algo estático. Por meio da escolha de axiomas e estruturas semânticas, a lógica temporal consegue acomodar diversas concepções diferentes do tempo, como a ideia de que o tempo é linear, ou circular, ou ramificado; que há, ou não, um início e fim do tempo; que a estrutura temporal é densa, ou discreta; que a ordenação dos instantes é reflexiva, simétrica ou transitiva, etc. Portanto, a lógica temporal se mostra adequada à um número maior de possibilidades sobre a “natureza do tempo”, inclusive quando essa natureza é aquela representada pela teoria da relatividade restrita. Como visto anteriormente, os axiomas da lógica **S4.2** modelam exatamente a estrutura do espaço-tempo de Minkowski, tornando a lógica temporal adequada também à natureza do tempo descrita pela teoria da relatividade.

	Lógica Clássica	Lógica Temporal
Adequação a E2		+

Vejamos, por fim, a evidência **E3**: *A adequação da lógica à linguagem da ciência e ao sucesso das teorias empíricas*. A lógica quantificacional clássica é tradicionalmente vista como a base da matemática e da linguagem das teorias científicas. Como argumenta Quine, a lógica clássica é parte essencial da “teia de crenças” da ciência. Apesar dele ver a lógica como revisável, ele a vê como profundamente integrada no sucesso empírico da ciência. Como a física, em geral, usa a matemática clássica como linguagem, Quine defenderia que a lógica clássica é mais adequada à evidência **E3**, por ser útil e bem bem-sucedida para formular, testar e derivar teorias empíricas.

A lógica temporal, por outro lado, parece ter aplicação muito mais restrita. Ela é útil na filosofia do tempo e na análise da linguagem natural, mas não é o paradigma empregado para modelar teorias empíricas. Apesar da lógica temporal ter uso mais direto em áreas como ciência da computação (Galton 1987), não há uma tradição científica de usar lógica temporal como base de formalização científica. Por esse motivo, a lógica clássica se mostra mais adequada à evidência **E3**.

	Lógica Clássica	Lógica Temporal
Adequação a E3	+	

Dada essa análise, a lógica temporal tem um desempenho moderadamente superior: possui 6 das 9 virtudes teóricas analisadas, enquanto a lógica clássica possui 5. Para calcular o “índice de racionalidade” $\rho(T)$ das teorias, precisaríamos atribuir um peso a cada critério. Como não há um consenso sobre a atribuição desses pesos, a não

ser que a “adequação aos dados” é o mais importante, vamos atribuir a este critério o peso 10, e aos demais o peso 5. Seja o sinal de ‘+’ da tabela anterior entendido como 1 ponto, e seja a fórmula apresentada $\rho(T) = w_{c_1}\mu_{c_1}(T) + \dots + w_{c_n}\mu_{c_n}(T)$, o cálculo ficaria do seguinte modo:

Lógica Clássica	Lógica Temporal
$\rho(T) = 5 \cdot 1 + 5 \cdot 0 + 5 \cdot 1 + 5 \cdot 0 + 5 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 10 \cdot 0 + 10 \cdot 0 + 10 \cdot 1$ $\rho(T) = 30$	$\rho(T) = 5 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 5 \cdot 1 + 5 \cdot 0 + 5 \cdot 0 + 10 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 10 \cdot 0$ $\rho(T) = 40$

Como dito anteriormente, apesar de apresentar esse modelo, Priest não propõe que as disputas entre teorias lógicas sejam resolvidas simplesmente por meio de um cálculo como esse.

É claro que, quando lógicos argumentam a favor e contra diferentes teorias, geralmente não realizam a análise explícita de custo-benefício exigida pela metodologia. Eles se envolvem no vaivém dialético de argumentos do tipo que vimos. Naturalmente, tais coisas são importantes. No entanto, podemos agora ver que são importantes porque se enquadram na estrutura metodológica padrão de escolha de teorias. (Priest 2019, p. 295)

O que o autor sugere, na verdade, é que esse modelo torna explícito o modo como ponderamos sobre tais escolhas. Ele tenta mostrar como a escolha racional entre teorias lógicas pode seguir critérios metodológicos estruturados, como em outras áreas.

Buscamos uma exposição do embate entre a lógica clássica e temporal baseado na história dessas posições e numa tentativa de estabelecer uma base imparcial para a avaliação do uso do método abduutivo em lógica. Todavia, diversas críticas ao uso método abduutivo em lógica têm sido feitas, e o exemplo do embate entre lógica clássica e lógica temporal apresentado aqui ilustra muitas dessas críticas. Apesar de termos visado a neutralidade na aplicação do método afim de verificar seu uso em um caso concreto, tal neutralidade pode ser questionada, em especial, com relação às evidências usadas na análise. A seguir, apresentamos alguns dos problemas com o uso do método abduutivo em lógica, em relação ao que foi exposto.

9. Limitações do método

Uma das principais críticas ao abduativismo lógico é que o método abduutivo não pode ser neutro nas disputas entre teorias lógicas, pois para usá-lo, é necessário primeiramente identificar as evidências relevantes a serem explicadas pelas lógicas em disputa, entretanto, a escolha dessas evidências depende da própria concepção do que é uma lógica. Essa crítica é encontrada em Hlobil (2021), que argumenta dois pontos

principais: i) “Diferentes concepções de lógica levam a diferentes visões sobre quais dados a lógica deve explicar” (p.2); e ii) “Como as disputas fundamentais em lógica geralmente giram em torno de qual concepção de lógica é correta, as partes opostas em tais disputas não concordarão sobre quais dados a lógica deve explicar” (p.2). Hlobil afirma,

Muitos concordam que as teorias lógicas são teorias de consequência lógica, do que decorre logicamente de quê e por quê. O que é consequência lógica? Infelizmente, o consenso termina aqui. É claro que não podemos definir consequência lógica apresentando alguma explicação familiar da teoria dos modelos ou da teoria da prova [...]. Afinal, os defensores de lógicas diferentes não discordam sobre os fatos da teoria dos modelos ou da teoria da prova. Eles discordam sobre o que decorre logicamente de quê. (Hlobil 2020, p.4)

Esse ponto torna-se claro quando se compara lógica clássica e não clássica. Um lógico clássico e um intuicionista, por exemplo, não discordam sobre quais sequências são teoremas dentro de cada sistema. Eles concordam que, por exemplo, $\neg\neg A \rightarrow A$ é teorema no sistema clássico e não é teorema no intuicionista. A discordância, na verdade, é sobre: “Devemos aceitar $\neg\neg A \rightarrow A$ como consequência lógica válida ou não?” Esse tipo de divergência é o exemplo típico considerado nas discussões abducionistas. No entanto, é importante notar que os desacordos em lógica não se restringem ao “que se segue do quê”, e isso fica evidente em casos de lógicas que estendem a lógica clássica, como é o caso da lógica temporal.

Como vimos, a lógica temporal proposicional é traduzível na lógica clássica de primeira ordem: o que se segue nela, segue na segunda. Ainda assim, Prior preferia a sua posição, pois nela há mais implícito do que a relação de consequência lógica, como pressupostos sobre a natureza do tempo e da linguagem. Para Prior, sua visão de que o presente é real e distinguível do passado e futuro não pode ser expressa na lógica clássica. Além disso, a sua concepção de que sentenças como “Sócrates está sentado” são completas por si mesmas, não necessitando ser reformuladas com marcadores de data, também não pode ser capturada pela lógica clássica. Assim, embora a tradução entre lógica temporal proposicional e lógica clássica de primeira ordem mostre que ambas são equivalentes em termos de consequência lógica, o desacordo permanece.

Discordamos de posições como a de Hlobil que afirmam que as disputas entre lógicas são sobre a relação de consequência lógica (apenas), pois essa visão restringe a análise de oposições entre lógicas que estendem a lógica clássica, sem necessariamente negar seus fundamentos, como a lógica temporal. Contudo, concordamos que os desacordos surgem da visão inicial do que é uma lógica. Como Hlobil argumenta na sequência, para mostrar que diferentes visões sobre o que é a lógica levam à escolha de dados diferentes, Hlobil fala em quatro concepções de lógica. A primeira, “Concepção semântica” defende que a lógica é sobre os significados do vocabulário

lógico. A segunda, “Concepção epistêmica”, diz que a lógica é sobre como deveríamos raciocinar corretamente. A terceira, “Concepção ancilla scientiae”, diz que a lógica é uma ferramenta para auxiliar teorias não lógicas, como a matemática e as ciências. E a quarta, “Concepção metafísica”, defende que a lógica é sobre as estruturas mais gerais da realidade.

No caso da disputa entre Quine e Prior, a análise de Hlobil ajuda a esclarecer por que não há acordo sobre quais dados considerar relevantes. A concepção de lógica em Quine é próxima da *ancilla scientiae*, já que para ele a lógica deve ser avaliada sobretudo pela sua utilidade na ciência, devendo se ajustar à toda a teia do conhecimento. É por isso que a evidência que Quine considera central (E3: adequação à ciência empírica) não coincide com as prioridades de Prior. Este, por sua vez, se aproxima mais da concepção semântica, ao defender que os tempos verbais devem ser levados a sério na lógica, pois fazem parte do significado das sentenças.

Enquanto Quine vê a lógica como uma linguagem unificada e atemporal para a ciência, Prior a entende como um formalismo capaz de preservar o aspecto temporal da linguagem e da experiência. Seguindo a crítica de Hlobil, acreditamos que os autores discordam sobre qual lógica é “melhor”, pois discordam sobre quais dados contam como evidências a serem tratados pela lógica, e discordam sobre as evidências justamente porque partem de concepções diferentes de lógica.

A disputa, portanto, não é sobre “qual lógica é a melhor”, mas sim sobre “qual concepção de lógica é a melhor”. A concepção de que a lógica deve tratar as sentenças como completas é melhor, como defendido por Prior? Ou a concepção de que sentenças são incompletas e precisam ser reformuladas com marcação de datas, como defendido por Quine? A concepção de que a lógica deve se aproximar mais da linguagem natural marcada por flexões verbais? Ou a concepção de que a lógica deve se aproximar mais da ciência e representar sentenças atemporais?

Diante disso, surge a dúvida sobre a eficácia do abduativismo lógico. Se o método abduutivo fosse suficiente para decidir qual *lógica* é melhor, não veríamos autores como Priest e Williamson defenderem lógicas diferentes com base no mesmo método, nem encontraríamos, no caso Quine e Prior, uma ausência de resultado objetivo. O que se evidencia, ao contrário, é que cada lógica se mostra adequada aos dados que seus defensores consideram relevantes. Resta verificar se o método abduutivo consegue ajudar a decidir sobre qual *concepção* de lógica é a melhor. Para isso, é interessante compreender as três etapas do processo abduutivo, como apontadas por Erickson (2024).

10. Abdução como IBE?

O abduativismo lógico propõe um método diferente do método abduutivo em seu sentido original, mas sim no sentido de Inferência para a Melhor Explicação (IBE). A

escolha de teorias pelo método de IBE pode ser entendida como um processo de filtragem sucessiva, que vai estreitando o conjunto de teorias até restar a melhor. Os três filtros são: “um filtro de plausibilidade, um filtro para selecionar as teorias que podem explicar os dados, e um terceiro filtro, que é um ‘procedimento para selecionar os melhores dentre esses candidatos empiricamente equivalentes’” (Erickson 2024, p.6). Como a autora aponta, o abdutivismo lógico falha em duas dessas três etapas, portanto a abdução lógica não é o mesmo tipo de processo de seleção de teorias como na IBE. Veremos, a seguir, como a disputa apresentada se relaciona com esses filtros.

O primeiro filtro da IBE, o filtro da plausibilidade, pega todas as hipóteses possíveis e elimina as absurdas, improváveis ou implausíveis. Segundo a autora, este primeiro filtro não é problemático, pois temos teorias lógicas plausíveis: “Admitindo que atualmente existam teorias lógicas plausíveis, o primeiro filtro não seria um problema. É no segundo e terceiro filtros que o abdutivismo lógico não se encaixa na IBE” (Erickson 2024, p.8). Cabe destacar um ponto. O filtro de plausibilidade pode passar a ser problemático quando as lógicas em disputa necessitarem algum tipo de critério que as tornem plausíveis. O filtro da plausibilidade deveria separar hipóteses plausíveis das absurdas, mas em lógica não há critério objetivo para decidir isso. Diferentes concepções de lógica escolheriam diferentes teorias plausíveis, e o problema de decidir entre elas já se apresentaria logo nessa primeira etapa.

Há diversos motivos pelos quais poderíamos considerar uma teoria lógica plausível. Se associarmos a plausibilidade com a consistência de uma teoria, isso parece eliminar de antemão lógicas paraconsistentes. Poderíamos então dizer que temos algum tipo de intuição sobre a plausibilidade das teorias. Todavia, isso nos leva de volta ao racionalismo lógico, que diz que o conhecimento lógico é *a priori* – mas isso é justamente isso que o anti-excepcionalismo nega, defendendo que o conhecimento lógico não é *a priori*, pois é baseado no mesmo método da ciência (abdução entendida como IBE). Em mais uma tentativa, poderíamos dizer que uma teoria lógica é plausível se ela for adequada aos dados. Ora, a adequação aos dados é o segundo filtro do método: apenas verificamos quais teorias são adequadas aos dados quando já sabemos quais são plausíveis.

Acreditamos que um olhar mais próximo mostraria que o abdutivismo lógico falharia nos três filtros da IBE: a ausência de critérios claros para definir a plausibilidade de uma lógica sugere que o abdutivismo lógico enfrenta dificuldades já na etapa inicial do processo, e não apenas nos filtros subsequentes. Vejamos agora como essas dificuldades se manifestam nos dois filtros seguintes.

O segundo filtro da aplicação da IBE é a adequação empírica. O problema aqui é aquele apontado por Hlobil (2021) e destacado na seção anterior: não há consenso sobre os dados relevantes, pois a escolha deles é influenciada por concepções prévias de lógica. Por esse motivo, “uma vez que se tenha um conjunto de evidências favorito, apenas uma teoria lógica se revela adequada no segundo filtro, não havendo

necessidade de passar para a terceira. Essa teoria lógica é também a mesma que sustenta a concepção de lógica adotada” (Erickson 2024, p.9). Todavia, suponhamos que haja duas teorias lógicas equivalentes que passaram pelo segundo filtro, elas teriam que passar também pelo terceiro, onde suas virtudes teóricas seriam analisadas, para que finalmente se escolha a melhor teoria. Assim, mesmo que Quine e Prior concordassem com as evidências às quais a lógica deveria se adequar, ainda enfrentariam dificuldades com o terceiro filtro.

O terceiro filtro de aplicação da IBE avalia as virtudes teóricas das teorias em disputa para selecionar a melhor explicação. A falha deste filtro está no fato de, na lógica, não existir consenso sobre virtudes teóricas: as mesmas propriedades podem ser avaliadas como virtudes ou vícios dependendo da concepção de lógica adotada. Na ciência, há um certo consenso comunitário sobre quais virtudes importam para explicar bem os dados. Na lógica, ao contrário, cada autor escolhe suas próprias virtudes, com isso, o método deixa de ser uma aplicação genuína da IBE e vira apenas uma listagem de preferências individuais. Como observa a autora: “É evidente que a filosofia da lógica ainda não atingiu o nível de concordância das ciências, o que seria necessário para aplicar efetivamente a IBE na Lógica, como os abdutivistas lógicos afirmam estar fazendo” (Erickson 2024, p.11).

Em nossa análise da disputa entre Quine e Prior, adotamos uma lista de virtudes baseadas em Priest (2019), a fim de estabelecer um terreno comum de comparação e tentar reconstruir a disputa sem depender das intuições particulares de cada autor. Ainda assim, persiste a dificuldade apontada por Erickson: a ausência de consenso sobre a hierarquia e o peso relativo das virtudes, o que impede que o filtro forneça um resultado conclusivo. A autora observa que “A justificação da IBE na ciência requer um acordo da comunidade sobre o que torna uma explicação “boa”” (Erickson 2024, p.11).

Por fim, também é interessante notar que, “a “adequação aos dados” tenha se tornado uma virtude teórica, e não mais parte do segundo filtro da IBE” (Erickson 2024, p.10). Essa confusão entre as etapas do método também reforça o ponto de que o abdutivismo lógico não é uma aplicação da IBE na escolha de teorias lógicas. Se a “adequação aos dados” é tratada como virtude, ela se torna apenas mais um item a ser pesado de acordo com preferências individuais, ao invés de funcionar como um critério neutro que antecede a comparação de virtudes.

O que vimos até aqui indica que o abdutivismo lógico não cumpre o papel que se esperava dele. Se o objetivo era mostrar que a lógica pode ser tratada como as ciências, usando o mesmo método de escolha de teorias (a inferência à melhor explicação), o resultado foi insatisfatório: em casos como o de Quine e Prior, o método não oferece critérios capazes de decidir entre concepções rivais de lógica.

11. Considerações finais

Neste artigo, analisamos a disputa entre a lógica clássica, defendida por Quine, e a lógica temporal, proposta por Prior, à luz do método abdutivo de escolha teórica. A comparação mostrou que, em certos critérios, a lógica temporal apresenta vantagens sobre a clássica, especialmente no tratamento de evidências ligadas à linguagem natural e à concepção de tempo, enquanto a lógica clássica permanece mais adequada à prática científica. Este artigo não buscou defender o abductivismo lógico como uma solução para a escolha de teorias lógicas, mas sim investigar em que medida ele pode ser aplicado a um recorte histórico delimitado.

Apesar de buscarmos fazer a comparação com base em um terreno comum possível entre os autores, ainda assim esbarramos com as limitações do método abdutivo em lógica: o método não é neutro na escolha das evidências a serem explicadas. Isso porque os autores partem de concepções diferentes sobre a lógica, e isso influencia suas preferências sobre a escolha das evidências que a lógica deve analisar. O desacordo vai além da relação de consequência lógica (o que se segue logicamente do quê), mas surge de concepções diferentes dos autores em disputa sobre a relação da lógica com a linguagem e com o tempo.

A análise aqui desenvolvida buscou contribuir para o debate atual sobre a escolha entre teorias lógicas, por meio de um recorte da história da lógica: o embate entre Quine e Prior sobre a representação do tempo. Resgatar essa disputa permite contribuir com dois pontos: 1) avaliar a aplicação do método abdutivo em um caso concreto e 2) mostrar as limitações do método na avaliação de um embate entre a lógica clássica e uma lógica que a estende.

Referências

- Blackburn, P.; Van Benthem, J. 2007. Modal logic: a semantic perspective. In: P. Blackburn; J. Van Benthem; F. Wolter (eds), *Studies in Logic and Practical Reasoning*, vol. 3, p.1–84. Amsterdam: Elsevier.
- Erickson, E. 2024. More Limits of Abductivism About Logic. *Studia Logica* 113: 503–522.
- Galton, A. 1987. *Temporal Logics and their applications*. Londres: Academic Press.
- Goldblatt, R. 1980. Diodorean modality in Minkowski spacetime. *Studia Logica* 39: 219–236.
- Haack, S. 2002. *Filosofia das lógicas*. Trad. Cezar Augusto Mortari, Luiz Henrique de Araújo Dutra. São Paulo: Editora UNESP.
- Hjortland, O. T. 2017. Anti-exceptionalism about logic. *Philosophical studies* 174: 631–658.
- Hlobil, U. 2021. Limits of abductivism about logic. *Philosophy and Phenomenological Research* 103(2): 320–340.
- Lacey, H. M. 1971. Quine on the Logic and Ontology of Time. *Australasian Journal of Philosophy* 49(1): 47–67.
- Øhrstrøm, P.; Hasle, P. 1993. AN Prior's rediscovery of tense logic. *Erkenntnis* 39(1): 23–50.

- Øhrstrøm, P. 2023. Highlights in the Development of Tense-Logic. *Organon F* 30(1): 5–31.
- Ploug, T.; Øhrstrøm, P. 2012. Branching time, indeterminism and tense logic: Unveiling the Prior–Kripke letters. *Synthese* 188: 367–379.
- Priest, G. 2014. Revising logic. In: P. Rush (Ed.), *The Metaphysics of Logic*, pp.211–223. Cambridge: Cambridge University Press.
- Priest, G. 2016. Logical disputes and the a priori. *Logique et Analyse* 236: 347–366.
- Priest, G. 2019. Logical Theory Choice: the Case of Vacuous Counterfactuals. *The Australasian Journal of Logic* 16(7): 283–297.
- Priest, G. 2024. Reflections on Williamson on Logic and Validity. *Problemos* Suppl: 9–19. <https://doi.org/10.15388/Problemos.Priedas.24.1>
- Prior, A. N. 1957. *Time and Modality*. Oxford: Oxford University Press.
- Prior, A. N. 1958a. The syntax of time-distinctions. *Franciscan Studies* 18(2): 105–120.
- Prior, A. N. 1958b. *Some free thinking about time*. Transcrito e editado por Peter Øhrstrøm. <https://research.prior.aau.dk/nachlass/item.php?id=20120113201359>. Acesso 07.09.2022.
- Prior, A. N. 1967. *Past, present, and future*. Oxford: Oxford University Press.
- Quine, W. V. O. 1947. The problem of interpreting modal logic. *The journal of symbolic logic* 12(2): 43–48.
- Quine, W. V. O. 1953. Mr. Strawson on logical theory. *Mind* 62(248): 433–451.
- Quine, W. V. O. 2013 [1960]. *Word and Object*. Cambridge: MIT Press.
- Van Benthem, J. 1983. *The Logic of Time: A Model-Theoretic Investigation into the Varieties of Temporal Ontology and Temporal Discourse*. Dordrecht: Springer.
- Williamson, T. 2016. Abductive philosophy. *The Philosophical Forum* 47: 263–280.
- Williamson, T. 2017. Semantic paradoxes and abductive methodology. In: B. Armour-Garb (ed.), *Reflections on the Liar*, pp.325–346. Oxford: Oxford University Press.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES (processo 88887.496003/2020-00). Agradeço ao parecerista anônimo pelas sugestões de melhoria no artigo. Agradeço também a Jonas Arenhart e Evelyn Erickson pelos comentários e sugestões importantes ao longo da pesquisa.