

GUIA PRÁTICO PARA A SALA DE AULA

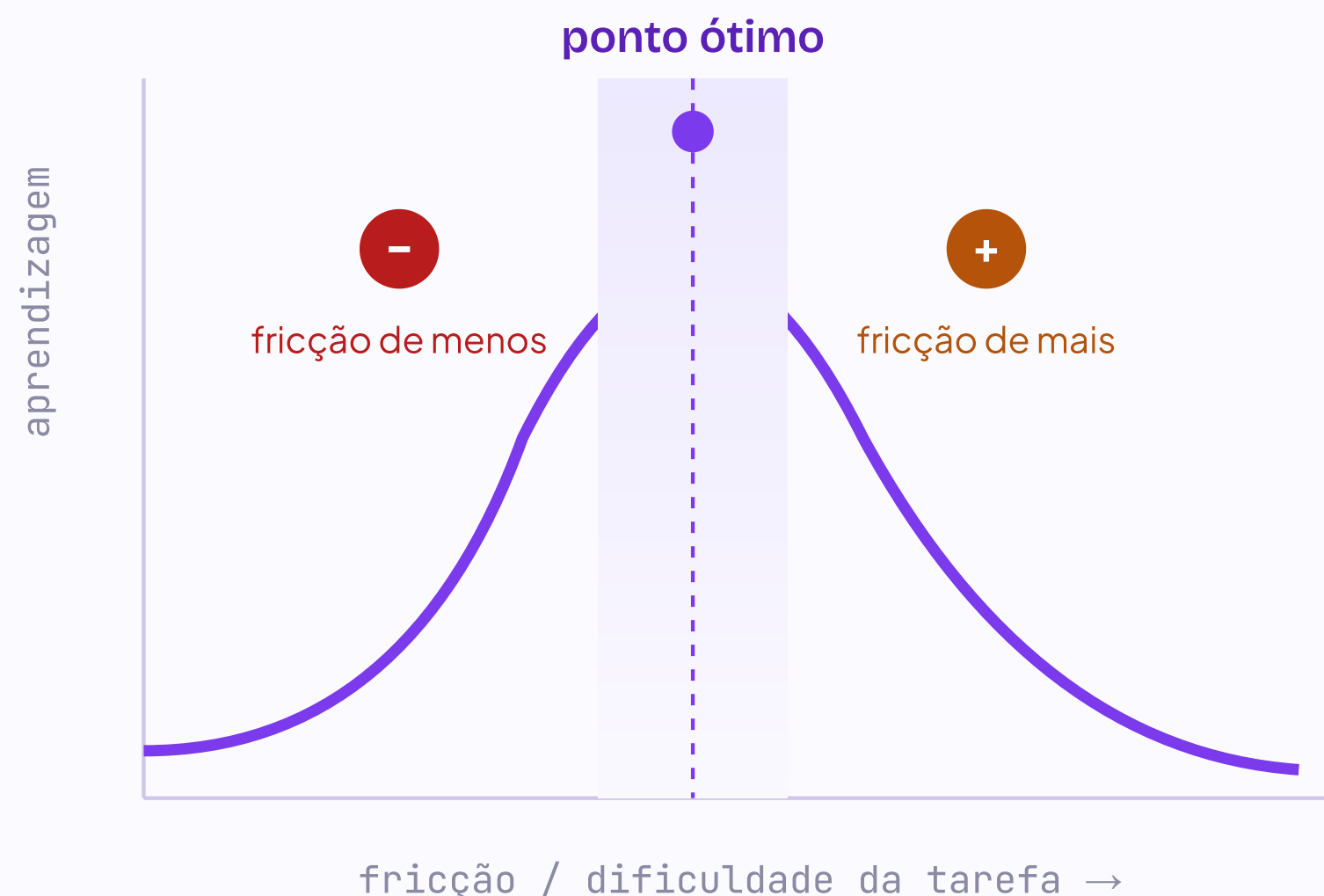
Fricção Cognitiva *Ótima* na prática

Como aplicar, no dia a dia da Educação Básica, os princípios que mantêm o esforço de aprender com o estudante, mesmo quando professores e alunos usam inteligência artificial.

A IDEIA EM UMA FRASE

Existe um ponto ideal de dificuldade

A aprendizagem profunda pede **nem fricção de menos**, que produz aprendizagem rasa e dependência, **nem fricção de mais**, que gera sobrecarga e frustração. O trabalho do professor é calibrar essa dose, e decidir onde a IA alivia e onde ela não deve aliviar.



- Fricção de menos. A IA entrega o produto pronto. O aluno sente que entendeu, mas nada se consolida: aprendizagem rasa e dependência.

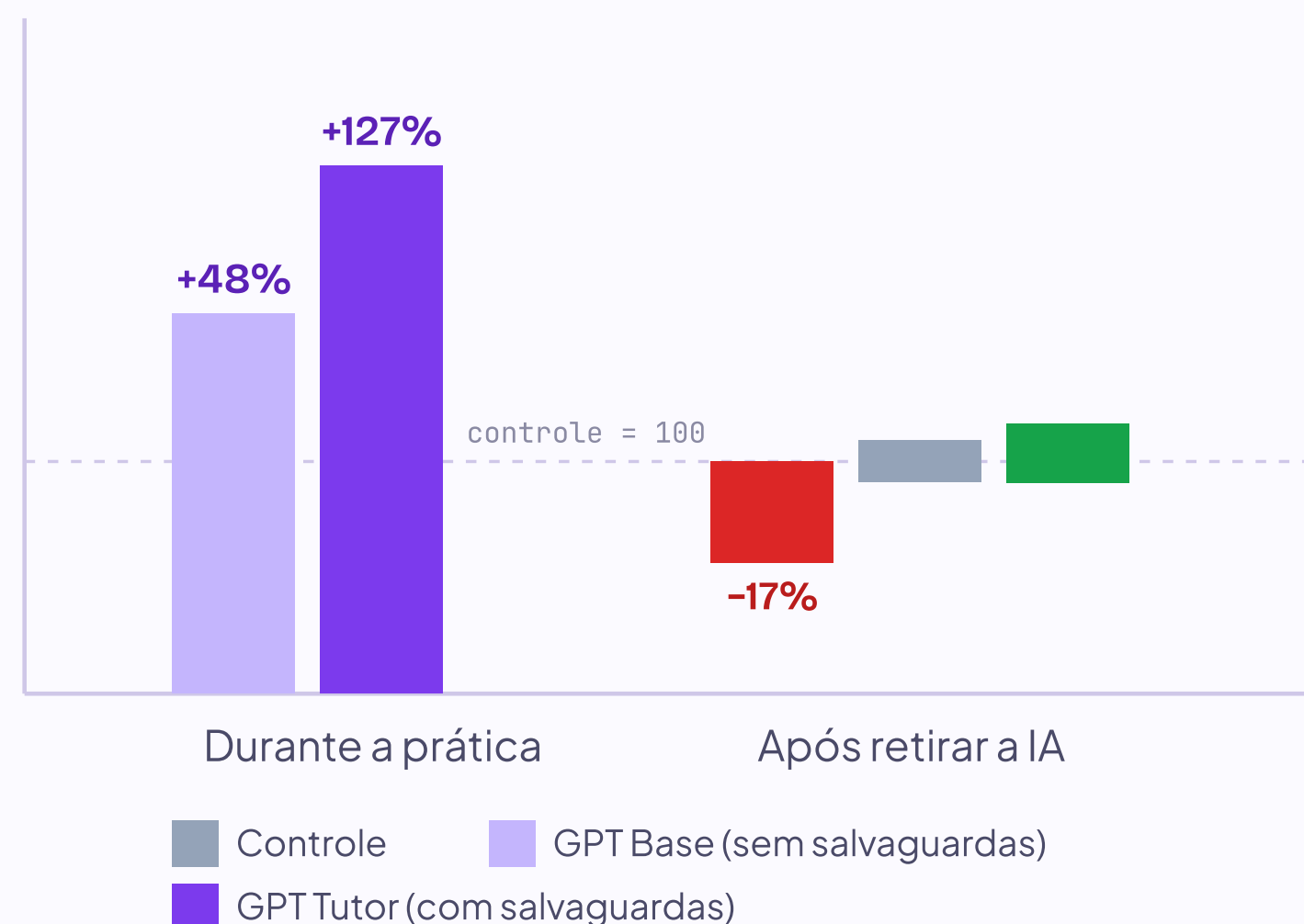
✓ Ponto ótimo. A tarefa exige o esforço essencial de pensar, mas com apoio calibrado à prontidão do aluno. É aqui que a aprendizagem fica durável.

+ Fricção de mais. A tarefa supera a habilidade atual sem andaime nenhum: sobrecarga, frustração e desistência.

O ALERTA CENTRAL

Desempenho não é aprendizagem

Com a IA ao lado, o aluno **parece** dominar o conteúdo. Quando a IA é retirada, vê-se que a aprendizagem não se consolidou. Esse descompasso tem nome: **descarga cognitiva**: delegar à máquina o processamento que deveria ocorrer na mente do aprendiz.



O experimento de Bastani e col.

Ensaio controlado com cerca de **mil alunos do Ensino Médio**. Durante a prática, os dois grupos com IA foram melhor. Mas, ao remover a IA na prova seguinte, quem usou o **GPT Base** (tipo ChatGPT comum) ficou **17% pior** que o **grupo de controle** que nunca teve IA. O **GPT Tutor**, com salvaguardas pedagógicas, preservou a aprendizagem.

A LIÇÃO Não é a IA que destrói ou preserva a aprendizagem; é o **desenho do uso**. A mesma tecnologia, com regras diferentes, leva a resultados opostos.

Devolver o andaime, não a resposta

A regra de ouro para configurar qualquer uso de IA em sala: **reter o produto cognitivo final por padrão**. Em vez de devolver o resultado pronto, a IA devolve perguntas, critérios e pistas que mantêm com o aluno o esforço que ensina.

ENTREGAR O PRODUTO PRONTO

A IA faz o trabalho cognitivo

A redação corrigida e reescrita. A solução completa do problema. O resumo acabado. O aluno recebe o resultado sem ter percorrido o caminho.

Efeito: oferta alta, esforço baixo → baixa aprendizagem. A fluência da troca cria ilusão de domínio.

DEVOLVER O ANDAIME

O aluno faz o trabalho cognitivo

Perguntas que ativam o que ele já sabe. Critérios e diagnósticos. Pistas graduadas que diminuem conforme a competência cresce.

Efeito: a IA elimina só o esforço improdutivo (carga extrínseca) e preserva o esforço que constrói conhecimento (carga germane).

Os quatro efeitos de Bjork na prática

Fluência durante o estudo não é sinal de aprendizagem. O que dá sensação de facilidade costuma ensinar pouco: reler, estudar em bloco, ver a resposta pronta. O que gera um pouco de atrito constrói memória durável: espaçar, intercalar, testar-se e gerar.

VISÃO GERAL

Quatro tipos de dificuldade desejável

São os quatro efeitos mais bem documentados na pesquisa de Bjork. O fio condutor é o mesmo: o esforço de recuperar e gerar, mais custoso no momento, é o que consolida. A IA deve **reforçar** esses efeitos, nunca curto-circuitá-los.

Espaçar

Distribuir o estudo em sessões separadas por intervalos, em vez de tudo de uma vez.

Intercalar

Misturar tipos de problema (ABCA) em vez de praticar um bloco de cada vez (AAAA).

Testar-se

Recuperar da memória, por autoteste ou lembrando sem olhar, em vez de só reestudar.

Gerar

Produzir a própria resposta antes de consultá-la. O que se gera faz mais sentido.

Espaçar o estudo no tempo

Estudar 3 vezes por 30 minutos ao longo da semana retém muito mais do que 90 minutos seguidos, mesmo sendo o mesmo tempo total. No intervalo, parte do conteúdo começa a ser esquecida, e reativá-la fortalece a memória.

- 1 Situação:** ao planejar a unidade, fatie a revisão em sessões curtas distribuídas, em vez de uma única revisão véspera-de-prova.
- 2 O que a IA faz:** gera mini-quizzes de retomada que **misturam o tópico atual com conteúdos de semanas anteriores**, sem entregar as respostas: só sinaliza acerto/erro e devolve uma pista.
- 3 Resultado esperado:** o aluno reativa o que estava esquecendo. O professor vê, pelos dados, o que precisa de novo espaçamento.

Anos iniciais

Tabuada e palavras-chave de ciências em **blocos de 10 minutos** três vezes na semana; a IA sorteia itens de semanas passadas para o professor aplicar oralmente, sem dar a resposta na tela.

Anos finais

Em História, **cartões de retomada** gerados pela IA que voltam a períodos já estudados antes de avançar; o aluno tenta responder de memória e só então confere com o professor.

Ensino Médio

Cronograma de revisão espaçada para o ENEM em que a IA monta a agenda e os autotestes, mas **não resolve** as questões. Devolve apenas o gabarito comentado depois da tentativa registrada.

Misturar os tipos de problema

Em vez de dez exercícios iguais em sequência (AAAA BBBB), alterne os tipos (ABCA CBAC). Isso força o aluno a recuperar a estratégia certa do zero a cada item e a comparar as diferenças entre os tipos, exatamente o que a vida real exige.

- 1 Situação:** ao montar a lista, embaralhe categorias de problemas em vez de agrupá-las por tema.
- 2 O que a IA faz:** reordena e varia os enunciados, propõe contrastes entre tipos parecidos e **pergunta "qual estratégia este problema pede?"** antes de qualquer ajuda.
- 3 Resultado esperado:** o aluno aprende a **escolher** o método, não só a executá-lo. Cresce o conhecimento conceitual, não só a fluência.

Anos iniciais

Lista de matemática que alterna **soma, subtração e problemas com dinheiro** em vez de uma página de cada; a IA gera a sequência misturada e pede que a criança diga "é de juntar ou de tirar?" antes de calcular.

Anos finais

Em geometria, intercalar **áreas, volumes e perímetros**. Evidência de Borromeo Ferri e col. (2021): alunos do 7º ano que estudaram proporções de forma intercalada superaram em compreensão os que estudaram em bloco.

Ensino Médio

Em Física, misturar cinemática, dinâmica e energia numa mesma lista; a IA monta o embaralhamento e devolve **dicas graduadas**, nunca a resolução completa de imediato.

EFEITO 3 • TESTE (RECUPERAÇÃO)

Recuperar da memória consolidada

O ato de tentar lembrar, respondendo sem olhar ou fazendo um autoteste, fortalece a memória mais do que reestudar. O teste não serve só para medir o que se sabe: ele **constrói** o que se sabe. Fechar o livro e tentar recuperar (mesmo errando) ensina mais do que grifar e reler.

- 1 Situação:** troque a "releitura" pela "recuperação". Comece a aula pedindo que recuperem o que ficou da anterior, de memória.
- 2 O que a IA faz:** gera perguntas de autoavaliação e **flashcards**, recebe a tentativa do aluno e responde com **pista, não com gabarito**. O gabarito comentado só aparece após a tentativa.
- 3 Resultado esperado:** some-se a ilusão de fluência da releitura; o aluno passa a saber o que realmente domina e o que precisa revisar.

Anos iniciais

"Bilhete de saída": ao fim da aula, a criança escreve de memória **duas coisas que aprendeu**; a IA transforma isso em perguntas de retomada para a aula seguinte.

Anos finais

Em Ciências, autotestes de baixa pressão antes da prova; a IA pergunta e **exige a resposta do aluno** antes de explicar, em vez de adiantar a definição pronta.

Ensino Médio

Em Biologia, o aluno fecha o material e reconstrói um processo (ex.: ciclo do carbono) de memória; a IA compara a versão dele com os critérios e **aponta lacunas sem completá-las**.

Gerar antes de consultar

Uma informação que você gerou por conta própria faz mais sentido do que uma que apenas leu pronta. Bjork formula isto quase como um alerta: cada vez que se consulta a resposta em vez de tentar gerá-la, perde-se uma oportunidade poderosa de aprender.

- 1 Situação:** institua a regra "**tente primeiro, IA depois**". A consulta à IA só é liberada após uma tentativa registrada do aluno.
- 2 O que a IA faz:** exige um rascunho ou uma hipótese antes de ajudar; então **reage à produção do aluno** (faz perguntas, aponta o que falta) em vez de oferecer uma versão pronta para copiar.
- 3 Resultado esperado:** o aluno chega à IA com algo seu para melhorar. A ferramenta entra para **amplificar** o esforço, não para substituí-lo.

Anos iniciais Antes de ver um exemplo, a criança **arrisca a própria frase ou cálculo**; só depois a IA (mediada pelo professor) sugere como aprimorar. Nunca escreve no lugar dela.

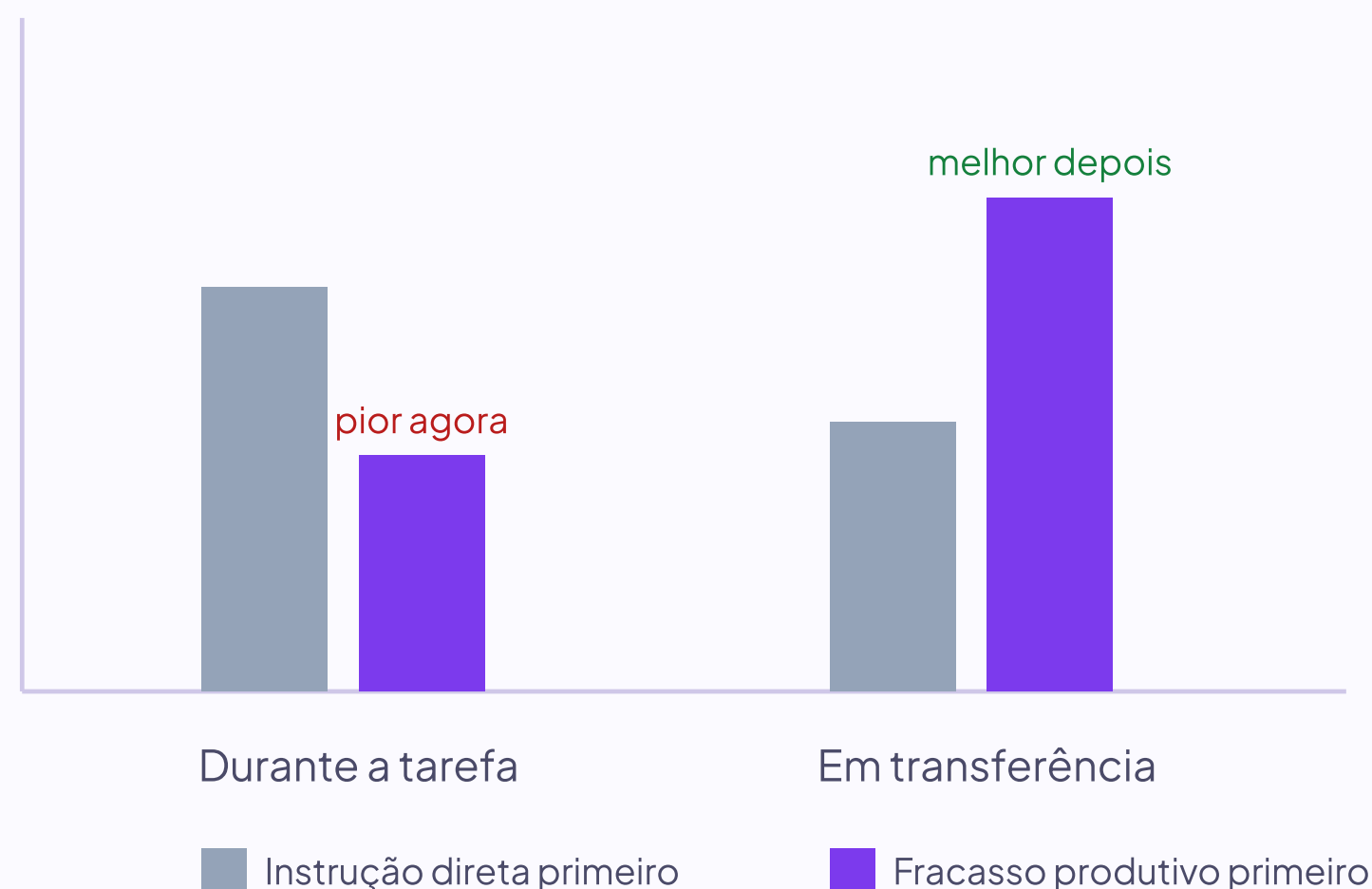
Anos finais Em redação, o aluno entrega o **rascunho original** antes de qualquer apoio; a IA devolve critérios (recorte do tema, foco, coesão) e o aluno reescreve. As duas versões são entregues.

Ensino Médio Em projetos, o aluno formula **suas próprias hipóteses** antes de pesquisar com IA; indício de Kosmyna e col.: quem escreve primeiro sem IA e só depois recorre a ela mostra conectividade neural mais forte.

SEQUENCIAMENTO

Fracasso produtivo: deixe lutar antes de ensinar

Deixar o aluno batalhar com um problema complexo **antes** da instrução formal, ainda que não chegue à solução, produz aprendizagem mais profunda e transferível do que apresentar o método pronto de imediato. O fracasso inicial ativa o conhecimento prévio e expõe as lacunas.



No estudo de **Kapur (2008)**, quem enfrentou problemas mal estruturados sem apoio inicial foi pior durante a atividade, mas **superou em conhecimento conceitual e transferência** quem recebeu instrução direta desde o começo.

NA SALA Abra o tópico com um bom impasse. Segure a IA (e a sua própria explicação) até o aluno ter ativado o que já sabe e percebido o que lhe falta. A IA entra **depois**, para organizar, não antes, para resolver.

Conflito sociocognitivo entre pares

Para Doise e Mugny, boa parte do progresso cognitivo nasce do confronto entre pontos de vista divergentes: quando dois alunos defendem respostas diferentes, o desequilíbrio os obriga a coordenar perspectivas e a reconstruir o raciocínio num patamar superior. A fricção não é só interna. Ela nasce na interação.

- 1 Situação:** não encerre a tarefa numa troca individual aluno-máquina. Use a IA para **alimentar o debate entre colegas**.
- 2 O que a IA faz:** apresenta **respostas alternativas** a um mesmo problema e pede que o aluno defenda a sua, critique outra ou compare dois raciocínios, gerando o desequilíbrio produtivo.
- 3 Resultado esperado:** o aluno argumenta, ouve a divergência e reestrutura a própria solução. Trabalha-se raciocínio, retórica e a disposição de discordar com respeito.

Anos iniciais

Em roda de conversa, a IA propõe **duas respostas diferentes** para "por que isto acontece?"; as crianças escolhem e justificam, e o professor media o confronto de ideias.

Anos finais

Em Geografia, duplas recebem da IA **interpretações opostas** de um mesmo dado e precisam negociar uma síntese conjunta, registrando onde discordaram.

Ensino Médio

Unidade de debate em que professor e turma **co-desenham com IA** dilemas inéditos; os alunos então debatem ao vivo, **sem apoio de IA**, demonstrando raciocínio próprio.

Seis movimentos para configurar o uso da IA

Diretrizes acionáveis para qualquer atividade. Valem tanto para escolher uma ferramenta quanto para combinar com a turma **como** a IA pode ser usada.

1 • Questionamento socrático

Diante de um pedido de solução, responda (ou peça que a IA responda) com perguntas que ativam o que o aluno já sabe, em vez do resultado pronto.

2 • Dicas graduadas com desvanecimento

Comece por perguntas, evolua para pistas e só então para fragmentos parciais. Reduza o apoio à medida que a competência cresce.

3 • Exigir tentativa antes da ajuda

Peça uma tentativa registrada e/ou uma pergunta bem formulada como condição para avançar. Sem pedido de ajuda vago.

4 • Oferecer estrutura, não solução

Em redação, devolva critérios e diagnósticos (recorte do tema, foco, tangenciamento), não o texto reescrito. Em problemas, o caminho, não o gabarito.

5 • Antecipar os contornos

Proteção só por instrução é burlada ("insistir até a IA responder"). Combine regras de uso, etapas intermediárias obrigatórias e entrega das versões.

6 • Calibrar por perfil

A retenção do produto deve ser adaptativa, não uniforme: ajuste a dose de apoio à prontidão de cada aluno (ver próximo slide).

A mesma fricção não serve a todos

A dificuldade desejável para um aluno pode ser uma barreira incapacitante para outro. Calibrar a fricção é, antes de tudo, uma questão de equidade.

Reversão de expertise

Apoios úteis a iniciantes podem se tornar redundantes, ou até prejudiciais, a alunos avançados. Quem já domina precisa de menos andaime, não mais.

Dificuldades de aprendizagem

O objetivo não é maximizar a fricção, mas oferecer um andaime **estratégico**, ajustado às necessidades de cada perfil. Mais apoio aqui é equidade, não facilitação.

Faixa etária e pré-requisitos

Uma dificuldade desejável para uma série pode não ser apropriada para outra: ela depende de pré-requisitos que se constroem ao longo da escolarização.

LIMITE Horvath (2024): a relação empática entre professor e aluno pesa mais sobre a aprendizagem do que a personalização. A IA é **apoio ao trabalho do professor, não seu substituto**.

Sinais de alerta de descarga cognitiva

Três padrões recorrentes que indicam que o aluno está dominando a **ferramenta**, e não o **conteúdo** (Liu e col., 2026). Quando aparecerem, é hora de devolver o esforço para o aluno.

Ilusão de diálogo

O aluno confunde a fluência da conversa com a IA com compreensão real. Fala bem sobre o tema, mas não resolve sozinho.

Confiar sem poder verificar

Aceita a resposta da IA sem ter como checar se está certa. Perde o senso crítico sobre o próprio trabalho.

Autoavaliação distorcida

Superestima o que de fato aprendeu. A prontidão percebida descola da capacidade real de resolver sem a IA.

A Escala de Avaliação com IA

Dois eixos se cruzam: quanto de IA o **professor** usa (A–E) e quanto o **aluno** pode usar (1–5). As **25 combinações** apontam, cada uma, um tipo de avaliação mais adequado. Os próximos dois slides percorrem cada eixo pela lente da fricção.

	PROFESSOR ↓ ALUNO →	1 Sem IA	2 Ideias	3 Edição	4 Execução	5 IA total
A Sem IA		A1	A2	A3	A4	A5
B Planejamento		B1	B2	B3	B4	B5
C Colaboração		C1	C2	C3	C4	C5
D IA total		D1	D2	D3	D4	D5
E Exploração		E1	E2	E3	E4	E5

A fricção no eixo do aluno (1–5)

A Escala (slide 16) diz **quanto** de IA é recomendável, para professor e aluno. A fricção ótima diz **como** preservar o esforço essencial em cada nível. Aqui, o eixo do aluno; na página seguinte, o do professor.

Sem IA

1 aluno

Nenhuma IA, em momento algum. Toda a fricção vem do desenho da atividade: espaçar, intercalar e testar são as alavancas do professor.

Ideias com IA

2 aluno

A IA só ajuda no brainstorming; a entrega final é do aluno. É o efeito de geração protegido: as ideias podem ter apoio, mas a elaboração própria continua sendo dele.

Edição com IA

3 aluno

IA só para revisar; entregue o rascunho original. É o efeito de geração em ação: gerar primeiro, polir depois.

Execução com IA

4 aluno

IA em partes específicas, sempre citadas. Exija a tentativa e a reflexão antes de liberar o apoio.

IA total

5 aluno

Mesmo no uso livre, há esforço a preservar: a avaliação recai sobre voz autoral, originalidade e metacognição, o que a IA não entrega pronto.

A fricção no eixo do professor (A–E)

No anel do professor, a IA trata de carga de trabalho e governança. Mas cada nível pode **proteger ou corroer** a fricção cognitiva do aluno.

Sem IA A professor	O professor conduz tudo manualmente. A fricção do aluno depende inteiramente das escolhas pedagógicas: espaçar, intercalar, testar e gerar são decisões do professor, não da tecnologia.
Planejamento com IA B professor	A IA gera instrumentos e exercícios variados (útil para espaçamento e intercalação), mas a correção continua humana: a calibragem da dificuldade fica com o professor.
Colaboração com IA C professor	A IA pré-corrigi, com revisão humana obrigatória. É o equilíbrio: ganha-se escala em turmas grandes sem perder a calibragem individual da fricção.
IA total D professor	A correção roda de forma autônoma. Aqui mora o risco: automatizar tudo pode apagar a calibragem individual que sustenta a dificuldade desejável. Reserve para tarefas de baixo risco, com olhar humano nos casos-limite.
Exploração com IA E professor	Professor e aluno co-desenham a avaliação, e a própria fricção. É o ápice metacognitivo: o aluno ajuda a decidir o que conta como uso eficaz e ético da IA.

Faça de seu planejamento uma regra explícita

O princípio não funciona se vive só no seu bom senso. Para a IA respeitar a fricção, suas regras precisam virar **combinados claros**: ditos à turma, governados e com você decidindo. Três perguntas organizam isso.

O que existe na atividade?

Nomeie os objetos da sua aula: tarefa, rascunho, tentativa, devolutiva, critério. Cada um com o que o torna válido, por exemplo, **o rascunho tem de ser do aluno e anterior à IA** (efeito de geração, slide 10).

O que vale como regra?

Escreva-a. "A IA devolve o andaime, nunca o produto final" (slide 04); "tente primeiro, IA depois" (slide 10); "o apoio desvanece" (slide 13). É a fricção virando **regra**, não recomendação.

Quem decide?

Combine o que precisa da **sua aprovação**, o que fica registrado e o que a IA só sugere. Você é o humano no comando: a relação com o aluno pesa mais que a automação (slide 14).

ONTOLOGIA OPERACIONAL EDUCATIVA Dar nome aos objetos, fixar as regras e definir quem aprova é montar a **ontologia operacional educativa**. É o **hábito 1** em ato. "Para terceirizar, é preciso saber avaliar": só governa bem a IA quem tem autoridade para julgar o que ela produz.

TEMPO QUE VOLTA PARA O ENSINO

Corrigir com a IA: quanto você revisa?

A IA corrige com base nos **seus critérios**; você decide quanto revisa. O tempo que sobra volta para o que a IA não faz: desenhar a fricção e cuidar da relação.

Revisada	Você revisa tudo antes de o aluno ver: mesmo tempo, devolutiva bem melhor.
Compartilhada	Revisa só uma parte (notas baixas, recursos). Ex.: prova de Ciências nos anos finais.
Autônoma	A IA corrige e você não revisa ; só em baixo risco. Ex.: lições de casa, sem nota.
Metacorreção	Você corrige uma turma à mão; a IA aprende seus critérios e corrige as demais.
Gêmea	Uma fase sem IA , uma com IA . Ex.: redação no Ensino Médio, rascunho e versão final (slide 10).
Cruzada	Dois instrumentos para o mesmo conteúdo (um seu, um da IA) e compara os resultados.
Por pares	A IA distribui a correção do colega e corrige a correção do aluno: corrigir é aprender.
Refações	O aluno reescreve com base nos comentários da IA, quantas vezes precisar (texto, redação).

EQUIDADE NA CORREÇÃO

A IA ajuda a ver seus vieses de correção

Todo professor corrige com algum viés, e isso é humano. A IA também tem vieses, mas **diferentes dos seus**: cruzar os dois, com você decidindo, corrige com mais justiça. Não é trocar o seu juízo por um árbitro neutro.

Simpatia

Você é mais brando com quem gosta. A IA não tem essa simpatia.

Rotulação

O "bom aluno" leva nota alta mesmo mal, e vice-versa (efeito halo). A IA não sabe quem é quem.

Cansaço

Você corrige diferente no começo e no fim, de manhã e de madrugada. A IA não cansa.

Letra

Letra bonita joga a favor. A IA decifra as difíceis e penaliza menos por elas.

Reclamação

O "reclamão" ganha correção mais branda para evitar atrito. A IA não foge do conflito.

Anos iniciais

Na alfabetização, a IA penaliza menos a letra ainda em formação e separa **legibilidade** de aprendizagem.

Anos finais

Com os nomes ocultos, a IA revela que alguns "bons alunos" foram superavaliados.

Ensino Médio

Numa maratona de redações do ENEM, a IA mostra que o rigor caiu nas últimas (cansaço).

Seis hábitos mentais para ensinar na era da IA

Seis frases curtas que condensam tudo o que vimos, fáceis de lembrar na hora de decidir, com a turma, **onde a IA ajuda e onde ela não deve aliviar**.

1 • Para terceirizar, é preciso saber avaliar

Só deixe o aluno passar uma tarefa à IA se ele consegue julgar se a resposta está certa. É o antídoto ao "confiar sem poder verificar" (slide 15).

2 • Para aprender, é preciso fazer

A ferramenta pode oferecer muito, mas quem aprende é quem se esforça. Exija a tentativa antes da ajuda: efeito de geração (slide 10).

3 • Para formar gente, preserve o que a faz pensar

Proteja o esforço, a dúvida e a voz autoral do aluno: é isso que a IA não deve entregar pronto (slide 14).

4 • Quanto mais caro o erro, mais fricção

Numa redação do ENEM ou num conceito-chave, segure mais a IA; numa tarefa de baixo risco, solte mais. Calibre a dose (slide 14).

5 • Falar bem não é saber

Aluno que conversa fluente com a IA pode não resolver sozinho. É a ilusão de diálogo. Confirme com a IA retirada (slide 03).

6 • O que funcionou ontem pode não servir hoje

Conforme o aluno avança, reduza o andaime: o apoio que ajudava o iniciante atrapalha o avançado (slide 14).

SÍNTESE ACIONÁVEL

Antes de liberar a IA em uma atividade, pergunte-se:

- ① Qual é o **produto cognitivo final** que o aluno precisa produzir com o próprio esforço?
- ② O aluno precisa **tentar primeiro** antes de receber qualquer ajuda?
- ③ A dose de fricção está **calibrada** à prontidão deste aluno?
- ④ A IA está devolvendo **andaime** (perguntas, critérios, pistas) ou o **resultado pronto**?
- ⑤ O apoio **desvanece** conforme a competência cresce?
- ⑥ Como vou saber, com a IA retirada, que houve **aprendizagem**?

BASE TEÓRICA

De onde vêm estes princípios

BARCAUI, A. ChatGPT as a cognitive crutch, 2025.

BASTANI, H. et al. Generative AI without guardrails can harm learning. SSRN, 2024.

BJORK, E. L.; BJORK, R. A. Making things hard on yourself, but in a good way: creating desirable difficulties to enhance learning. In: *Psychology and the real world*, 2011.

CINTRA, G. Quais hábitos mentais podem ajudar um educador na era da IA. LinkedIn, 2026. [Disponível no LinkedIn](#).

CSIKSZENTMIHALYI, M. Flow, 1990.

DOISE, W.; MUGNY, G. Le développement social de l'intelligence, 1981.

FURZE, L.; PERKINS, M.; ROE, J. The AI Assessment Scale (AIAS) in Australian K–12 Education. *Teachers' Frontiers*, 2024.

HORVATH, J. C. 3 critical problems Gen AI poses for learning, 2024.

KAPUR, M. Productive failure. *Cognition and Instruction*, 2008.

KAPUR, M. *Productive failure*. Wiley, 2024.

KOSMYNA, N. et al. Your brain on ChatGPT (preprint).

LIU, D.; FAN, G.; PAN, L. Tool, tutor, or crutch?, 2026.

PERKINS, M.; ROE, J.; FURZE, L. Reimagining the Artificial Intelligence Assessment Scale (AIAS): a refined framework for educational assessment. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 2025.

PIAGET, J. *L'équilibration des structures cognitives*, 1975.

ROE, J.; PERKINS, M.; GIRAY, L. Assessment twins: strengthening assessment validity in the age of generative AI. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 2026.

SWELLER, J. Cognitive load during problem solving. *Cognitive Science*, 1988.

SWELLER, J.; AYRES, P.; KALYUGA, S. *Cognitive load theory*, 2011.

TAO, S. et al. Potential risks of generative AI into K–12 education: a scoping review, 2026.

WILSON, R. C. et al. The eighty five percent rule. *Nature Communications*, 2019.