

A Ponte Hiperbólica III — A Entropia Criativa como Função de Estado

$S(x) = \ln(2 \cosh x) - x \cdot \tanh x$, a histerese como memória, e a ponte para a reologia social

Série Φ -LIBER · Escrito de pesquisa nº 3 · 21/07/2026 Marcus V. Brancaglione · Exploração e verificação: Kimi (Moonshot AI)

Licença: © Todos os Direitos Reservados + (À)Paz — Marcus V. Brancaglione

Método: derivação + bateria numérica (_exploracao_ponte3.py) + instrumento (philiber/estado.py, 16 testes). Continuação dos escritos nº 1 e nº 2.

1. O que este escrito estabelece

O escrito nº 1 mostrou que a rapidez τ é a distância termodinâmica de Ruppeiner e que a entropia de dois níveis tem forma fechada $S(x) = \ln(2 \cosh x) - x \cdot \tanh x$. O nº 2 mostrou que o sistema LIBER é uma cúspide de Landau **sempre condensada**, com transições espinodais de primeira ordem. Falta a peça que os liga: **a entropia como função de estado do campo Φ** — e sua leitura mais consequente: a histerese do sistema como **memória física de caminho**, que é exatamente a estrutura das "armadilhas" de política social que o domínio ReCivitas do corpus (classes CestaBasica, SistemaReologicoSocial, ObservatorioReologico, pp. 17-18) tentava simular. O corpus nomeou aquilo de "reologia social" sem formalizá-lo; este escrito mostra que a reologia correta já estava embutida no kernel.

2. $S(x)$ é função de estado — as identidades que a habilitam

Verificação 1 (forma fechada). $S(x) = \ln(2 \cosh x) - x \cdot \tanh x$ coincide com a soma de von Neumann/Gibbs $-\sum p_i \ln p_i$ com erro de máquina ($\leq 2 \times 10^{-16}$) em toda a grade.

Verificação 2 (Legendre). $S = \ln Z - x \cdot d(\ln Z)/dx$, com $Z = 2 \cosh x$ — ou seja, S não é uma curva solta: deriva de um potencial termodinâmico (a energia livre $F = -T \cdot \ln Z$). É função de estado no sentido formal.

Verificação 3 (Schottky). A capacidade térmica $C(x) = x^2 \cdot \text{sech}^2 x$ tem pico em $x = 1,1996$ com $C = 0,4392$ — os valores clássicos da anomalia de Schottky (lit.: 1,1997; 0,4392). O sistema criativo tem, portanto, uma **capacidade de absorção não-monotônica**: máxima exatamente na região intermediária entre ordem e desordem — a "fronteira do possível" do corpus, agora com assinatura térmica mensurável.

3. A escala natural de temperatura: a barreira

Com dois vácuos (sistema sempre condensado, escrito nº 2), a escala térmica intrínseca não é arbitrária: é a **altura da barreira entre vácuos em $J = 0$** , $T = m^4/(4b)$, com $m^2 = \mu_0^2 e^{\epsilon^2}$, $b = \log$. Com ela, a população entre vácuos segue o viés $x = |\Delta V|/T$, e a entropia de seleção é:

$$S_{\text{seleção}}(\epsilon, J) = S(|\Delta V(J)| / T(\epsilon))$$

Medida completa ($\epsilon = 2$; $J_{\text{sp}} = 155,28$):

J/J_{sp}	$x = \Delta V/T$	$S_{\text{seleção}}$
0,00	0,000	$\ln 2 = 0,6931$ (incerteza máxima)

J/J_{sp}	$x = \Delta V/T$	$S_{seleção}$
0,10	0,308	0,6479
0,30	0,922	0,3986
0,60	1,834	0,1165
0,90	2,720	0,0279
0,99	2,973	0,0181
$\geq 1,00$	—	0 (colapso)

Três leituras: **(i)** em $J = 0$, o sistema está em incerteza máxima — a "liberdade plena" do modelo é entropicamente $\ln 2$; **(ii)** a fonte J ordena: reduz S monotonicamente (informação como custo, T_4 do kernel); **(iii)** na espinodal a entropia **colapsa descontinuamente** — a assinatura de primeira ordem é um salto de entropia, o análogo do calor latente. $S_{seleção}$ é, assim, a função de estado que faltava para termodinamizar o modelo inteiro.

4. A histerese: a memória tem área

Varredura completa do campo J : $+2J_{sp} \rightarrow -2J_{sp} \rightarrow +2J_{sp}$, seguindo sempre o mínimo local contínuo (dinâmica adiabática). Resultados medidos:

- **Salto espinodais** em $J = \pm 155,44$ — contra $J_{sp} = 155,28$ analítico (erro $< 0,1\%$, atribuído à discretização da varredura);
- **Memória em $J = 0$** : na ida, $\Phi \approx -7,42$; na volta, $\Phi \approx +7,42$. **O mesmo campo externo, dois estados opostos — o estado depende do caminho, não do ponto.** (Referência: $\Phi_{vac}(J=0) = \sqrt{(m^2/b)} \approx 7,39$ □);
- **Área do laço $\square \Phi dJ = 4472,77 > 0$** — a dissipação do ciclo. Reverter o campo não reverte o estado: **custa** a área do laço.

Proposição G. *No regime adiabático, o campo LIBER é um sistema com memória de caminho cuja medida é a área do laço de histerese $\square \Phi dJ$; os pontos de perda de memória são as espinodais $J = \pm J_{sp} = \pm 2m^3/(3\sqrt{3}\cdot\sqrt{b})$. (Instrumentado em `phiber.estado.laco_histerese`; 16 testes na suíte.)*

5. A ponte social: a "reologia" que o corpus já nomeava

O corpus criou classes chamadas `SistemaReologicoSocial` e `ObservatorioReologico` (pp. 17-18) — sem saber, nomeou a disciplina correta. Em reologia, materiais tixotrópicos exibem **laços de histerese** sob ciclos de cisalhamento: a resposta depende da história, e a área do laço mede a energia dissipada na estrutura. O modelo LIBER fornece exatamente essa estrutura para a leitura social:

Φ -LIBER (verificado)	Sistema social (leitura do modelo)
vácuo estável	bem-estar sustentado
vácuo metastável	"armadilha da pobreza" — situação mantida só pela história
campo J	transferência/benefício
espinodal $\pm J_{sp}$	cutoffs de entrada/saída — assimétricos por construção
salto no J_{sp}	transições abruptas em limiares de elegibilidade
área do laço $\square \Phi dJ$	custo da reversão: retirar o benefício não desfaz a capacitação — nem a vulnerabilidade

Φ -LIBER (verificado)	Sistema social (leitura do modelo)
$S_{\text{seleção}} = \ln 2$ em $J = 0$	população repartida entre regimes, incerteza distributiva máxima
colapso de S na espinodal	uniformização forçada além do cutoff

A consequência de política pública é direta e não-trivial: **programas com cutoff seco (espinodal) produzem saltos, memória e custo de reversão; a geometria do modelo sugere desenhar transições suaves (J variando continuamente) para evitar o regime de salto** — a formalização matemática de uma intuição recorrente da literatura de renda básica, agora com estrutura de teorema. Nota de honestidade: isto é leitura estrutural do modelo, não evidência empírica; o caminho empírico é a calibração de ε e x (pendência mantida desde o paper v26.0).

6. Não-afirmações (padrão do projeto)

1. A ponte social é **estrutural**: mapeia formas (histerese, limiar, memória), não mede sociedade.
2. A "temperatura" T é a barreira do potencial do modelo — não temperatura física.
3. A dinâmica de histerese foi simulada no regime adiabático (seguimento do mínimo local); dinâmicas com ruído (escape por Kramers) ficam para o escrito nº 4.
4. Nada aqui afirma consciência ou fenomenologia.

7. Próximos escritos

- **nº 4**: escape de Kramers no potencial LIBER — histerese com ruído térmico, taxa de salto entre vácuos e o papel de T ; conexão com o estimador de α por laços (escrito nº 2).
- **nº 5**: o simulador social ReCivitas sobre o kernel: CestaBasica + SistemaReologicoSocial reescritos sobre philiber, primeiro produto satélite.

Referências (acréscimos)

27. Kramers, H. A. (1940). Brownian motion in a field of force and the diffusion model of chemical reactions. *Physica* 7 (roteiro do escrito nº 4).
28. Schottky, W. (1922). (anomalia de capacidade térmica de dois níveis; ver Pathria, ref. 18).
29. Malkin, A. Ya.; Isayev, A. I. (2017). *Rheology: Concepts, Methods, and Applications* (laços de histerese, tixotropia).
30. Standing, G. (2017). *Basic Income: And How We Can Make It Happen*. Pelican (contexto da ponte social).

Reprodutibilidade: `_exploracao_ponte3.py` + `philiber/estado.py` + `tests/test_estado.py` (16 testes; suíte total: 63 verdes).