

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor,
o texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir
de 06/09/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

DANILO CARDOSO FERREIRA

Entropia configuracional: aplicações em mecânica quântica e teoria clássica de campos

Guaratinguetá

2024

Danilo Cardoso Ferreira

Entropia configuracional: aplicações em mecânica quântica e teoria clássica de campos

Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Física da Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Física.

Orientador: Profº Dr. Alvaro de Souza Dutra

Guaratinguetá

2024

F383e	Ferreira, Danilo Cardoso Entropia configuracional: aplicações em mecânica quântica e teoria clássica de campos / Danilo Cardoso Ferreira - Guaratinguetá, 2024. 98 f : il. Bibliografia: f. 56-59 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2024. Orientador: Prof. Dr. Álvaro de Souza Dutra 1. Entropia. 2. Teoria quântica. 3. Teoria clássica de campos. I. Título. CDU 530.145(043)
-------	--

Luciana Máximo
Bibliotecária/CRB-8 3595

DANILO CARDOSO FERREIRA

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“DOUTOR EM FÍSICA”**

**PROGRAMA: FÍSICA E ASTRONOMIA
CURSO: DOUTORADO**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Ernesto Vieira Neto
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **ALVARO DE SOUZA DUTRA**
Data: 10/09/2024 13:58:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ALVARO DE SOUZA DUTRA
Orientador - UNESP


Prof. Dr. DENIS DALMAZI
UNESP

Documento assinado digitalmente
 **SAULO HENRIQUE PEREIRA**
Data: 10/09/2024 14:15:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. SAULO HENRIQUE PEREIRA
UNESP

Documento assinado digitalmente
 **JULIANO ANTONIO DE OLIVEIRA**
Data: 06/09/2024 18:39:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. JULIANO ANTONIO DE OLIVEIRA
UNESP

Documento assinado digitalmente
 **PEDRO HENRIQUE RIBEIRO DA SILVA MORAES**
Data: 09/09/2024 14:05:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. PEDRO HENRIQUE RIBEIRO DA SILVA MORAES
Universidade Cidade de São Paulo

SETEMBRO de 2024

Dedico esta tese à minha esposa, *Michelle Prado*.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus Pai por ter me concedido o dom da vida e misericórdia imensurável. Agradeço ao meu melhor amigo, Senhor Jesus Cristo, que nunca me abandonou em todas as situações de angústias, tristezas e momentos de desespero. Ainda agradeço ao Espírito Santo e ao meu Anjo da Guarda.

Agradeço a intercessão da Sagrada Família, Mãe Maria Santíssima e São José, a quem sou consagrado. A Santa de Rita de Cássia, São Miguel Arcanjo, São João Paulo II e a todos os Santos intercessores.

A minha esposa, Michelle Prado, agradeço por sua dedicação e apoio em todo o desenvolvimento desta tese. Mesmo cansada e atribulada para que eu não viajasse sozinho, me acompanhava e acompanha. Agradeço pela paciência em inúmeras viagens exaustivas, me esperando longas horas durante disciplinas e reuniões, sempre cuidando de mim. Todas as vezes que pensei em desistir, minha esposa me fortaleceu com seu grande amor. Este trabalho é graças a você. Michelle, eu te amo.

Ao meu orientador, prof. Alvaro de Souza Dutra, agradeço por ter aceitado me orientar. Pela paciência e dedicação, reuniões online para discussões de resultados, teorias, propostas e incentivo. Aprendi muito com sua forma de analisar, investigar e resolver problemas.

Agradeço ao meu sogro Sr. Miguel e a minha sogra Dona Vilma pelo carinho e apoio.

Agradeço aos médicos que cuidam e cuidaram da minha saúde. Em especial ao Dr. Ricardo Beauchamp de Castro e sua equipe Carla e Giovana. Sempre com amor, respeito e dedicação, Ricardo me apoiou e cuidou de mim nesta dura trajetória.

Agradeço à CAPES. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) -Código de Financiamento 001

Não posso deixar de agradecer à secretaria de pós – graduação pela paciência, orientação e agilidade em me atender com presteza e respeito.

Ao Instituto Federal do Paraná (IFPR) agradeço pelo afastamento para o desenvolvimento desta tese.

Agradeço a todos os professores que lecionaram disciplinas, coordenadores, docentes e funcionários que se dedicam na manutenção e excelência do programa.

Consagro este trabalho ao Sagrado Coração de Jesus, ao Coração Imaculado da Virgem Maria e a São José, rogando que o abençoe.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

*“Não cremos em fórmulas, mas nas realidades que
elas expressam e que a fé nos permite “tocar”.”*
(CIC § 170)

RESUMO

Na última década a medida de entropia configuracional (EC) mostrou-se como uma ferramenta versátil tanto no que tange à seleção de diferentes funções degeneradas quanto na relação entre conteúdo dinâmico e informativo de modelos físicos de teorias clássicas de campos escalares. As principais aplicações da EC ocorrem no contexto de modelos de campo escalar não lineares cujas soluções apresentam energia espacialmente localizada. Tais modelos de campo são de interesse na Física de alta energia, cosmologia e matéria condensada. Neste trabalho apresentamos detalhadamente o processo de aplicação da entropia configuracional, revisando exemplos clássicos da literatura, como a função gaussiana e o potencial duplo simétrico da teoria ϕ^4 e determinamos a entropia configuracional no estado fundamental do oscilador harmônico e em dois campos acoplados. Variamos o coeficiente de acoplamento para verificar os efeitos na EC. Inferimos um *ansatz* para resolver este último problema e medimos a energia para obter a entropia configuracional relativa. Propomos uma medida de entropia configuracional correspondente no espaço das posições e, um princípio de incerteza válido no contexto da entropia configuracional.

PALAVRAS-CHAVE: Entropia Configuracional; Teoria Clássica de Campos; Mecânica Quântica.

ABSTRACT

In the last decade, the measurement of configurational entropy (CE) has proven to be a varied tool both in terms of selecting different degenerate functions and in the relationship between dynamic and informative content of physical models of classical scalar field theories. The main applications of CE occur in the context of nonlinear scalar field models whose solutions present spatially localized energy. Such field models are of interest in high-energy physics, cosmology and condensed matter. In this work we present in detail the process of applying configurational entropy, reviewing classic examples from the literature, such as the Gaussian function and the double symmetric potential of the ϕ^4 theory and we determine the configurational entropy in the ground state of the harmonic oscillator and in two fields coupled. We varied the thickness coefficient to check the effects on EC. We infer an *ansatz* to solve this last problem and measure the energy to obtain the relative configurational entropy. We propose a corresponding configurational entropy measure in the space of positions and, an uncertainty principle valid in the context of configurational entropy.

KEYWORDS: Configurational Entropy; Classical Field Theory; Quantum Mechanics.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Entropia configuracional para a função de onda gaussiana	28
Figura 2	Fração modal do kink ϕ^4	34
Figura 3	Fração modal do kink ϕ^4 no espaço das posições	36
Figura 4	Fração modal do potencial <i>sine-Gordon</i> no espaço funcional	38
Figura 5	Fração modal do potencial <i>sine-Gordon</i> no espaço funcional	39
Figura 6	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 10$	43
Figura 7	Entropia configuracional de dois campos acoplados para $g = 10$ até $g = 100$. .	44
Figura 8	$g(x)^{(10)}$	45
Figura 9	Entropia configuracional de dois campos acoplados para $g = 10$ até $g = 100$. .	46
Figura 10	Princípio de incerteza para dois campos acoplados com $g = 10$ até $g = 100$. .	47
Figura 11	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 1000$	49
Figura 12	Fração modal $g(x)^{(1000)}$	51
Figura 13	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 20$	65
Figura 14	Fração $g(x)^{(20)}$	67
Figura 15	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 30$	68
Figura 16	Fração $g(x)^{(30)}$	70
Figura 17	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 40$	72
Figura 18	Fração $g(x)^{(40)}$	74
Figura 19	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 50$	76
Figura 20	Fração modal $g(x)^{(50)}$	78
Figura 21	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 60$	80
Figura 22	Fração $g(x)^{(60)}$	82
Figura 23	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 70$	84
Figura 24	Fração $g(x)^{(70)}$	86
Figura 25	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 80$	88
Figura 26	Fração modal $g(x)^{(80)}$	90
Figura 27	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 90$	92
Figura 28	Fração $g(x)^{(90)}$	94
Figura 29	Fração modal de dois campos acoplados com $g = 100$	96
Figura 30	Fração $g(x)^{(100)}$	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação da energia da entropia configuracional para dois campos acoplados variando o coeficiente de acoplamento g entre 10 e 100 e $m = 1$	47
Tabela 2 – Comparação da energia da entropia configuracional para dois campos acoplados. O sobrescritos a e b referem-se a dupla acoplada	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE	Configurational Entropy
DCE	Differential Configurational Entropy
QCD	Quantum Chromodynamics

LISTA DE SÍMBOLOS

$\ x\ _p$	Norma em $\mathbb{R}^n$
$\phi(x, t)$	Campo escalar
$\mathcal{L}$	Densidade Lagrangiana
$f(k)$	Fração modal no espaço funcional
$g(x)$	Fração modal no espaço das posições
$\tilde{f}(k) \ln \tilde{f}(k)$	Densidade de entropia configuracional no espaço funcional
$\tilde{g}(x) \ln \tilde{g}(x)$	Densidade de entropia configuracional no espaço das posições
$S_C(k)$	Entropia configuracional no espaço funcional
$S_C(x)$	Entropia configuracional no espaço das posições

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	O Problema da Pesquisa	16
1.2	Justificativa	16
1.3	Estrutura da Tese	17
2	ENTROPIA CONFIGURACIONAL	18
2.1	Entropia Configuracional no espaço funcional	18
2.2	Correspondência no espaço das posições	21
3	ENTROPIA CONFIGURACIONAL APLICADA À MECÂNICA QUÂNTICA	25
3.1	Função de onda gaussiana	25
3.2	Oscilador Harmônico	29
4	ENTROPIA CONFIGURACIONAL DE KINKS	31
4.1	Potencial simétrico de poço duplo	31
4.2	Potencial <i>sine-Gordon</i>	37
5	CAMPO ACOPLADO	41
5.1	Dois campos acoplados	41
5.2	Campo acoplado com $g = 10$	42
5.3	Entropia configuracional para $g = 1000$	48
5.4	<i>Ansatz</i> para dois campos acoplados	52
6	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICE A – INTEGRAL DA FUNÇÃO GAUSSIANA NO $\mathbb{R}^n$	61
	APÊNDICE B – DOIS CAMPOS ACOPLADOS	64

1 INTRODUÇÃO

Mediante razão natural, o homem pode conhecer a Deus com certeza a partir de suas obras. Mas existe outra ordem de conhecimento que o homem de modo algum pode atingir por suas próprias forças, a da Revelação divina. Por uma decisão totalmente livre, Deus se revela e se doa ao homem.
(CIC § 50)

Um dos principais desenvolvedores da teoria da informação foi Claude E. Shannon em 1948. Em seu trabalho, Shannon infere uma definição para informação a qual permite quantificar quantidades de informação H tanto recebida quanto enviada. *As quantidades da forma H desempenham um papel central na teoria da informação como medidas de informação, escolha e incerteza. A forma de H será reconhecida como a da entropia conforme definida em certas formulações da mecânica estatística* (SHANNON, 1948).

Uma outra forma de definir informação é interpretá-la como o resultado de um processamento ou transmissão de dados, que possa de alguma forma representar uma mudança quantitativa (em alguns casos qualitativas) no sistema receptor.

Em analogia com a teoria de Shannon, considerando um espaço funcional, Gleiser e Stamatopoulos (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a) propõem uma medida de entropia configuracional. Esta medida de informação entrópica é adequada para quantificar o conteúdo informacional e organizacional codificado pela densidade de energia das soluções físicas (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a), (BERNARDINI; ROCHA, 2016). A EC estabelece uma relação entre conteúdo dinâmico e conteúdo informativo de modelos físicos cuja configuração é de energia localizada.

Tendo em vista que soluções de energia localizada são de interesse em áreas da física como física de alta energia (KARAPETYAN, 2022), cosmologia (BERNARDINI; ROCHA, 2019) e matéria condensada (ZHAO; MI; LI, 2019), na última década, a medida de EC vem sendo aplicada em diversas áreas (BRAGA; FERREIRA; ROCHA, 2018), (BRAGA; ROCHA, 2017), (FERNANDES-SILVA; FERREIRA-MARTINS; ROCHA, 2019), (LEE, 2017), (ROCHA, 2022a), (BRAGA, 2019).

Existe uma considerável aplicação em QCD, (KARAPETYAN; ROCHA, 2021), (FERREIRA; ROCHA, 2019), (BRAGA; ROCHA, 2018), (RODRIGUES; ROCHA, 2020), (BARBOSA-CENDEJAS et al., 2018), (ROCHA, 2021b), (FERREIRA; ROCHA, 2020a), (BERNARDINI; ROCHA, 2018), (FERREIRA; ROCHA, 2020b), (KARAPETYAN, 2018a), (KARAPETYAN, 2018b), (ROCHA, 2021a), (ROCHA, 2022a), (BRAGA; JUNQUEIRA, 2021a), (BRAGA; JUNQUEIRA, 2021b), (ROCHA, 2022b).

Neste trabalho, apresentamos a entropia configuracional no k -espaço e propomos uma medida de entropia correspondente no espaço das posições, similarmente a medida de Gleiser e Stamatopoulos (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a). Propomos, utilizando estas duas medidas entrópicas, um princípio de incerteza que relaciona tanto a EC no espaço das posições quanto no espaço funcional. Para verificar a validade do princípio de incerteza proposto neste trabalho, investigamos alguns casos

como: função de onda gaussiana, oscilador harmônico, potencial duplo-simétrico e campos acoplados. Ao final do nosso trabalho, mostramos que no contexto da mecânica quântica e da teoria de campos clássicos, nosso princípio de incerteza funcionou em todos os casos investigados neste trabalho.

1.1 O PROBLEMA DA PESQUISA

A entropia configuracional, proposta por Gleiser e Stamatopoulos (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a), tem uma importância proeminente na abordagem reticulada, contendo modos de frequência finitos (BERNARDINI; ROCHA, 2016) e tem sido aplicada com sucesso em uma variedade de problemas (ALMEIDA; LIMA, 2024), (BARRETO; HERRERA-AGUILAR; ROCHA, 2022), (CASADIO et al., 2024), (WIBISONO; SULAKSONO, 2018a), (WIBISONO; SULAKSONO, 2018b).

Neste trabalho mostraremos detalhadamente os resultados obtidos por Gleiser e Stamatopoulos (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a) para função de onda gaussiana e o potencial duplo simétrico. Fundamentado nestas seções, calculamos a entropia configuracional para o estado fundamental do oscilador harmônico e calculamos a EC para dois campos clássicos acoplados. Neste último caso, variamos o coeficiente de acoplamento entre $g = 10$ e $g = 100$ e mostramos como o ajuste deste coeficiente altera a entropia configuracional.

Realizamos medidas de EC, ainda no caso do campo acoplado, em $g = 1000$. Inferimos um *ansatz* que altera consideravelmente a entropia configuracional no cenário de campos acoplados. Em todos os casos, realizamos medidas de energia e de entropia configuracional relativa.

Com o objetivo de complementar a medida entrópica proposta por Gleiser e Stamatopoulos (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a) propomos uma medida de entropia configuracional no espaço das posições. Ao investigar os resultados obtidos para esta nova medida encontramos um princípio de incerteza que relaciona a entropia configuracional no espaço funcional com a medida entrópica correspondente no espaço das posições.

1.2 JUSTIFICATIVA

Observando a ampla aplicabilidade da EC (ALVES; DIAS; SILVA, 2017), (BERNARDINI; BRAGA; ROCHA, 2017), (BRAGA; MATA, 2020), (CASADIO et al., 2023), (CORREA; MORAES, 2016), (RODRIGUES; ROCHA, 2022) que se apresenta como uma medida informacional no espaço funcional e, considerando que campos acoplados envolvendo, por exemplo, campos escalares, entendemos que este trabalho pode corroborar com o estudo de soluções de problemas que envolvem equações não lineares.

O trabalho possui uma revisão detalhada da entropia configuracional aplicada na função de onda gaussiana e na teoria ϕ^4 . Os objetivos destas seções são favorecer a compreensão e introdução da EC (SOWINSKI; GLEISER, 2017) no contexto da mecânica quântica e da teoria de campos clássicos.

Tendo em vista que a medida da entropia configuracional (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a) trabalhada nesta tese foi proposta recentemente, um pouco mais de uma década, devemos ponderar que esta teoria encontra-se em desenvolvimento e, carece de uma investigação pormenorizada,

principalmente no contexto da Entropia Configuracional Diferencial (DCE) (BERNARDINI; ROCHA, 2016).

Com o objetivo de contribuir no desenvolvimento desta teoria, propomos uma complementação a qual dividimos em duas etapas. Primeira: uma medida de entropia configuracional no espaço das posições, similarmente a medida entrópica proposta em (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a) e (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012b) e segunda, uma medida de incerteza que relaciona ambas medidas entrópicas calculadas tanto no espaço funcional quanto no espaço das posições.

Reafirmamos que o escopo de aplicação da medida de entropia configuracional é amplo e diverso, envolvendo diferentes áreas (CORREA; ROCHA, 2015), (BARRETO; ROCHA, 2022), (ROCHA; SILVA, 2023), (GLEISER; KRACKOW, 2020), ou seja, seu estudo pode ser de interesse em distintos campos da física teórica. Destacamos ainda que o princípio de incerteza que propomos necessita ser validado em áreas não contempladas nesta tese.

1.3 ESTRUTURA DA TESE

No capítulo 1 justificamos a importância da EC, suas aplicações e o problema da pesquisa.

No capítulo 2 pormenorizamos o desenvolvimento do trabalho mostrando as técnicas para realizar medidas de entrópicas. Neste capítulo propomos uma nova medida da EC no espaço das posições e inferimos um princípio de incerteza.

No capítulo 3 revisamos a EC da função de onda gaussiana apresentada em (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a) e medimos a entropia configuracional no estado fundamental do oscilador harmônico simples.

No capítulo 4 revisamos a solução *kink* na teoria ϕ^4 com o objetivo de fundamentar a forma pela qual calculamos a EC no caso de dois campos acoplados nos capítulos posteriores. Revisamos o potencial *sine-Gordon*. Aplicamos nossa proposta de medida e no princípio de incerteza.

No capítulo 5 determinamos a EC para dois campos clássicos acoplados, calculamos a energia neste caso e, a entropia configuracional relativa, variando o coeficiente de acoplamento g dos campos.

No capítulo 6 realizamos uma síntese do trabalho destacando as novidades propostas e perspectivas futuras.

No apêndice A mostramos o cálculo no $\mathbb{R}^n$ e no B calculamos detalhadamente a entropia configuracional de dois campos acoplados com fator de acoplamento variando entre $g = 20$ e $g = 100$.

6 CONCLUSÃO

Liberdade é, no homem, uma força de crescimento e amadurecimento na verdade e na bondade. A Liberdade alcança sua perfeição quando está ordenada para Deus.
(CIC § 1731)

Neste trabalho realizamos uma revisão da literatura sobre entropia configuracional, propomos uma medida entrópica no espaço das posições e um princípio de incerteza no contexto da EC. Mostramos que quando comparamos a entropia configuracional da função de onda oscilador harmônico ($n = 0$) com a EC da função de onda gaussiana, a entropia configuracional no espaço funcional se comporta de forma semelhante, isto, para um pacote de ondas altamente localizada a entropia no espaço funcional é pequena e, para o caso altamente espalhado, a EC aumenta. O resultado similar para os dois casos, ocorre porque a função de onda para o oscilador harmônico em ($n = 0$) é uma função de onda gaussiano que difere apenas por suas constantes.

Determinamos, tanto para função de onda gaussiana quanto para o estado fundamental do oscilador harmônico simples, a EC no espaço das posições. Estes dois casos amplamente debatidos na literatura, representam um pacote de incerteza mínima. Quando aplicamos nosso princípio de incerteza (24) encontramos, para ambos os casos, um limite inferior para incerteza no contexto da entropia configuracional.

Nossas propostas de medidas de EC validadas no contexto da mecânica quântica, resultado em investigar se a EC no espaço das posições e o princípio de incerteza proposto nesta tese funcionariam num cenário de campos clássicos. Buscamos na literatura dois exemplos ricos em aplicações em física de altas energias, física da matéria condensada e cosmologia, a solução *kink* para os potenciais de poço duplo simétrico e potencial *sine-Gordon*. Nestes dois casos o princípio de incerteza (24) não foi violado. Este resultado amplia a aplicabilidade do nosso princípio de incerteza.

Para o caso de dois campos acoplados, aumentar o coeficiente de acoplamento impõem fornecer para o sistema uma maior quantidade de energia e, a entropia configuracional no espaço funcional diminui. Nosso *ansatz* mostrou-se uma solução adequada do ponto de vista da EC, tendo em vista que a entropia configuracional diminuiu e a quantidade de energia aumentou mostrando fornecendo indícios que o *ansatz* representa uma solução fortemente acoplada.

Nossa proposta de medida entrópica no espaço das posições $S_C(x)$ foi baseada no trabalho de (GLEISER; STAMATOPOULOS, 2012a) e, depois de estudar metodicamente os resultados encontrados em todos os casos mencionados, percebemos existir um princípio de incerteza no contexto da entropia configuracional descrito como:

$$S_C(x) \cdot S_C(k) \geq \frac{\pi}{4} .$$

Em todos os casos que analisamos: função de onda gaussiana, oscilador harmônico $n = 0$, *kink* para o potencial de poço duplo simétrico, *kink* para o potencial *sine-Gordon* e dois campos acoplados, nosso

princípio de incerteza (24) funcionou plenamente. Entretanto, é necessário uma análise pormenorizada deste princípio.

Futuramente, precisamos investigar, por exemplo, se este princípio é válido na QCD (ROCHA; SILVA, 2023), (ROCHA, 2023), modelos de *Brane-world* (CORREA; ROCHA, 2015), (CORREA et al., 2015), (CORREA; MORAES, 2016) (CORREA; DUTRA; GLEISER, 2014), tendo em vista que a literatura sobre entropia configuracional é rica nestes campos de pesquisa. É necessário investigar outros modelos de campos acoplados (CORREA; DUTRA; GLEISER, 2014) e defeitos topológicos.

Anomalias no princípio da incerteza (24) pode ser investigadas em situações onde é possível obter a entropia configuracional no espaço funcional, mas não é possível determinar a entropia configuracional no espaço das posições. Casos contrários, como determinar a EC no espaço das posições e não explicitá-la no espaço funcional também necessitam ser investigados.

Esperamos, com este trabalho, ter contribuído para divulgação e ampliação da entropia configuracional, tanto com a medida entrópica no contexto do espaço das posições quanto com o princípio de incerteza no contexto da EC proposto em (24).

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. A.; CLARKE, F. H. Gross's logarithmic sobolev inequality: A simple proof. **American Journal of Mathematics**, JSTOR, v. 101, n. 6, p. 1265, dez. 1979. ISSN 0002-9327.
- ALMEIDA, C. A. S.; LIMA, F. C. E. Effects of quantum fluctuations of the metric on a braneworld. **The European Physical Journal Plus**, Springer Science and Business Media LLC, v. 139, n. 6, jun. 2024. ISSN 2190-5444.
- ALVES, A.; DIAS, A. G.; SILVA, R. da. Maximum entropy inferences on the axion mass in models with axion-neutrino interaction. **Brazilian Journal of Physics**, Springer Science and Business Media LLC, v. 47, n. 4, p. 426–435, jul 2017.
- BARBOSA-CENDEJAS, N. et al. Dynamical tachyonic AdS/QCD and information entropy. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 782, p. 607–612, jul 2018.
- BARRETO, W.; HERRERA-AGUILAR, A.; ROCHA, R. da. Configurational entropy of generalized sine-gordon-type models. **Annals of Physics**, Elsevier BV, v. 447, p. 169142, dec 2022.
- BARRETO, W.; ROCHA, R. da. Differential configurational entropy and the gravitational collapse of a kink. **Physical Review D**, American Physical Society (APS), v. 105, n. 6, p. 064049, mar 2022.
- BERNARDINI, A.; ROCHA, R. da. Informational entropic regge trajectories of meson families in AdS/QCD. **Physical Review D**, American Physical Society (APS), v. 98, n. 12, p. 126011, dec 2018.
- BERNARDINI, A.; ROCHA, R. da. Cosmological comoving behavior of the configurational entropy. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 796, p. 107–111, sep 2019.
- BERNARDINI, A. E.; BRAGA, N. R.; ROCHA, R. da. Configurational entropy of glueball states. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 765, p. 81–85, feb 2017.
- BERNARDINI, A. E.; ROCHA, R. da. Entropic information of dynamical ads/qcd holographic models. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 762, p. 107–115, nov. 2016. ISSN 0370-2693.
- BIAŁYŃICKI-BIRULA, I.; MYCIELSKI, J. Uncertainty relations for information entropy in wave mechanics. **Communications in Mathematical Physics**, Springer Science and Business Media LLC, v. 44, n. 2, p. 129–132, jun. 1975. ISSN 1432-0916.
- BRAGA, N. R. Information versus stability in an anti-de sitter black hole. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 797, p. 134919, oct 2019.
- BRAGA, N. R.; FERREIRA, L. F.; ROCHA, R. da. Thermal dissociation of heavy mesons and configurational entropy. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 787, p. 16–22, dec 2018.
- BRAGA, N. R.; JUNQUEIRA, O. Configuration entropy and confinement/deconfinement transition in holographic QCD. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 814, p. 136082, mar 2021.
- BRAGA, N. R.; JUNQUEIRA, O. C. Configuration entropy in the soft wall AdS/QCD model and the wien law. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 820, p. 136485, sep 2021.
- BRAGA, N. R.; MATA, R. da. Configuration entropy for quarkonium in a finite density plasma. **Physical Review D**, American Physical Society (APS), v. 101, n. 10, p. 105016, may 2020.
- BRAGA, N. R.; ROCHA, R. da. Configurational entropy of anti-de sitter black holes. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 767, p. 386–391, apr 2017.

- BRAGA, N. R.; ROCHA, R. da. AdS/QCD duality and the quarkonia holographic information entropy. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 776, p. 78–83, jan 2018.
- BUTKOV, E. **Mathematical Physics**. [S.l.]: Pearson Education, Limited, 1968. 35 p. ISBN 9780201007275.
- CASADIO, R. et al. Thermodynamic and configurational entropy of quantum schwarzschild geometries. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 849, p. 138466, fev. 2024. ISSN 0370-2693.
- CASADIO, R. et al. Configurational entropy of black hole quantum cores. **Classical and Quantum Gravity**, IOP Publishing, v. 40, n. 7, p. 075014, mar. 2023. ISSN 1361-6382.
- CIPOLATTI, R. **Cálculo Avançado**. 1. ed. RJ: [s.n.], 2018. (Textos Universitários). ISBN 9786599039560.
- CORREA, R.; DUTRA, A. de S.; GLEISER, M. Information-entropic measure of energy-degenerate kinks in two-field models. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 737, p. 388–394, oct 2014.
- CORREA, R. A. C.; MORAES, P. H. R. S. Configurational entropy in $f(r, t)$ brane models. **The European Physical Journal C**, Springer Science and Business Media LLC, v. 76, n. 2, feb 2016.
- CORREA, R. A. C. et al. Information content in $f(r)$ brane models with nonconstant curvature. **Phys. Rev. D**, American Physical Society, v. 92, p. 126005, Dec 2015. Disponível em: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevD.92.126005>.
- CORREA, R. A. C.; ROCHA, R. da. Configurational entropy in brane-world models. **The European Physical Journal C**, Springer Science and Business Media LLC, v. 75, n. 11, nov 2015.
- FERNANDES-SILVA, A.; FERREIRA-MARTINS, A.; ROCHA, R. da. Extended quantum portrait of MGD black holes and information entropy. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 791, p. 323–330, apr 2019.
- FERREIRA, L. F.; ROCHA, R. da. Pion family in AdS/QCD: The next generation from configurational entropy. **Physical Review D**, American Physical Society (APS), v. 99, n. 8, p. 086001, apr 2019.
- FERREIRA, L. F.; ROCHA, R. da. Nucleons and higher spin baryon resonances: An AdS/QCD configurational entropic incursion. **Physical Review D**, American Physical Society (APS), v. 101, n. 10, p. 106002, may 2020.
- FERREIRA, L. F.; ROCHA, R. da. Tensor mesons, AdS/QCD and information. **The European Physical Journal C**, Springer Science and Business Media LLC, v. 80, n. 5, may 2020.
- GLEISER, M.; KRACKOW, M. Configurational entropic study of the enhanced longevity in resonant oscillons. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 805, p. 135450, jun 2020.
- GLEISER, M.; STAMATOPOULOS, N. Entropic measure for localized energy configurations: Kinks, bounces, and bubbles. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 713, n. 3, p. 304–307, jul 2012.
- GLEISER, M.; STAMATOPOULOS, N. Information content of spontaneous symmetry breaking. **Physical Review D**, American Physical Society (APS), v. 86, n. 4, p. 045004, aug 2012.
- GRIFFITHS, D. J. **Introduction to Quantum Mechanics (2nd Edition)**. [S.l.]: Benjamin Cummings, 2004. 480 p. ISBN 9780131118928.
- GROSS, L. Logarithmic sobolev inequalities. **American Journal of Mathematics**, JSTOR, v. 97, n. 4, p. 1061, 1975. ISSN 0002-9327.

KARAPETYAN, G. Configurational entropy and ρ and ϕ mesons production in QCD. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 781, p. 201–205, jun 2018.

KARAPETYAN, G. The nuclear configurational entropy approach to dynamical QCD effects. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 786, p. 418–421, nov 2018.

KARAPETYAN, G. Nuclear configurational entropy and high-energy hadron-hadron scattering reactions. **The European Physical Journal Plus**, Springer Science and Business Media LLC, v. 137, n. 5, may 2022.

KARAPETYAN, G.; ROCHA, R. da. Configurational entropy of heavy-quark qcd exotica. **The European Physical Journal Plus**, Springer Science and Business Media LLC, v. 136, n. 10, oct 2021.

LEE, C. O. Configurational entropy of charged AdS black holes. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 772, p. 471–475, sep 2017.

MÜLLER-KIRSTEN, H. J. W. **Classical mechanics and relativity**. New Jersey: World Scientific, 2008. Literaturverz. S. 549 - 552. ISBN 9789812832535.

RAJARAMAN, R. **Solitons and Instantons (North-Holland Personal Library)**. [S.l.]: North Holland, 1987. 418 p. ISBN 9780444870476.

ROCHA, R. da. Deploying heavier η meson states: Configurational entropy hybridizing AdS/QCD. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 814, p. 136112, mar 2021.

ROCHA, R. da. Information entropy in ads/qcd: Mass spectroscopy of isovector mesons. **Physical Review D**, American Physical Society (APS), v. 103, n. 10, p. 106027, may 2021.

ROCHA, R. da. Holographic entanglement entropy, deformed black branes, and deconfinement in AdS/QCD. **Physical Review D**, American Physical Society (APS), v. 105, n. 2, p. 026014, jan 2022.

ROCHA, R. da. Information entropy of nuclear electromagnetic transitions in ads/qcd. arXiv, aug 2022. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2208.07191>>.

ROCHA, R. da. Information entropy of nuclear electromagnetic transitions in ads/qcd. **Nuclear Physics B**, Elsevier BV, v. 992, p. 116232, jul. 2023. ISSN 0550-3213.

ROCHA, R. da; SILVA, P. H. O. Configurational entropy and shape complexity of strange vector kaons in ads/qcd. **The European Physical Journal Plus**, Springer Science and Business Media LLC, v. 138, n. 8, ago. 2023. ISSN 2190-5444.

RODRIGUES, D. M.; ROCHA, R. da. Odd-spin glueballs, AdS/QCD and information entropy. **Physics Letters B**, Elsevier BV, v. 811, p. 135943, dec 2020.

RODRIGUES, D. M.; ROCHA, R. da. Configurational entropy and spectroscopy of even-spin glueball resonances in dynamical AdS/QCD. **The European Physical Journal Plus**, Springer Science and Business Media LLC, v. 137, n. 4, apr 2022.

SHANNON, C. E. A mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal**, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), v. 27, n. 3, p. 379–423, jul. 1948. ISSN 0005-8580.

SOWINSKI, D.; GLEISER, M. Information dynamics at a phase transition. **Journal of Statistical Physics**, Springer Science and Business Media LLC, v. 167, n. 5, p. 1221–1232, mar 2017.

THORNTON, S. T. **Classical dynamics of particles and systems**. [S.l.]: Brooks/Cole, 2004. 656 p. ISBN 9780534408961.

VANNAH, S.; GLEISER, M.; KALTENEGGER, L. An information theory approach to identifying signs of life on transiting planets. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters**, Oxford University Press (OUP), v. 528, n. 1, p. L4–L9, out. 2023. ISSN 1745-3933.

WIBISONO, C.; SULAKSONO, A. Information-entropic method for studying the stability bound of nonrelativistic polytropic stars within modified gravity theories. **International Journal of Modern Physics D**, World Scientific Pub Co Pte Lt, v. 27, n. 05, p. 1850051, apr 2018.

WIBISONO, C.; SULAKSONO, A. Neutron star stability within eddington-inspired born infeld gravity. In: **AIP Conference Proceedings**. [S.l.]: Author(s), 2018.

Yáñez, R. J.; ASSCHE, W. V.; DEHESA, J. S. Position and momentum information entropies of the d-dimensional harmonic oscillator and hydrogen atom. **Physical Review A**, American Physical Society (APS), v. 50, n. 4, p. 3065–3079, out. 1994. ISSN 1094-1622.

ZHAO, Q.; MI, B.-Z.; LI, Y. Characteristics of information entropy in spin–orbit coupled spin-1 bose–einstein condensates. **International Journal of Modern Physics B**, World Scientific Pub Co Pte Lt, v. 33, n. 12, p. 1950119, may 2019.