

# Obtenção e Caracterização de fitas cerâmicas de NiO-CDG obtidos por *Tape Casting*

Luana Barbosa da Cruz <sup>[1]</sup>, Hugo Plínio de Andrade Alves <sup>[2]</sup>, Rubens Alves Junior <sup>[3]</sup>, Daniel Araújo de Macedo <sup>[4]</sup>, Wilson Acchar <sup>[5]</sup>

[1] cruzluanabarbosa@gmail.com. [2] eng.hugoplinio@gmail.com. [5] wacchar@gmail.com. Universidade Federal do Rio Grande do Norte/Departamento de Engenharia de Materiais. [3] rubensalves.jr@hotmail.com. Universidade Federal de Campina Grande/Departamento de Engenharia de Materiais. [4] damaced@gmail.com. Universidade Federal da Paraíba/Departamento de Engenharia de Materiais.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as propriedades microestruturais, físicas, mecânicas e elétricas de compósitos NiO-CDG obtidos pela técnica *Tape Casting* e sinterizados em diferentes temperaturas. Os resultados revelaram que os compósitos têm fases cristalinas bem definidas de óxido de níquel (NiO) e céria dopada com gadolínio (CDG). As amostras sinterizadas a 1400 °C apresentaram a melhor relação entre densidade relativa (98,00%) e resistência mecânica (107,39 MPa). Além disso, amostras a verde mostraram uma resposta elétrica semelhante às sinterizadas, tornando-as excelentes candidatas para aplicações como materiais precursores de ânodos para células a combustível de óxido sólido (SOFCs).

**Palavras-chave:** Céria dopada com gadolínio. Óxido de níquel. Compósitos. *Tape Casting*.

## ABSTRACT

*This paper aims to analyze the microstructural, physical, mechanical and electrical properties of NiO-CDG composite obtained by Tape Casting technique and further sintered at different temperatures. The results revealed that the composites have well-defined crystalline phases of nickel oxide (NiO) and gadolinium-doped ceria (CDG). The sintered composite at 1400 °C showed the best relationship between relative density (98.00%) and mechanical resistance (107.39 MPa). Besides, the green composite showed an electrical response similar to the sintered composites, making it an excellent candidate for applications as anode precursor materials for solid oxide fuel cells (SOFCs).*

**Keywords:** *Gadolinium-doped ceria. Nickel oxide. Composites. Tape Casting.*

## 1 Introdução

As células a combustível de óxido sólido (SOFCs – solid oxide fuel cells) são dispositivos eletroquímicos que convertem energia química de combustíveis como metano ou hidrogênio em energia elétrica através da oxidação de combustível com baixas emissões de poluentes (RADENAHMAD *et al.*, 2020). A parte central das SOFCs consiste em dois eletrodos porosos (ânodo e cátodo) laminados por um material eletrolítico denso (ZHANG *et al.*, 2018) the surface and interface instability of electrode at high voltage remains a primary problem. In this work, cathode electrolyte interphase (CEI). Em particular, o material do ânodo deve ter estabilidade termoquímica e microestrutural, alta condutividade elétrica, porosidade adequada e expansão térmica semelhantes às do cátodo e eletrólito (KHAN *et al.*, 2016). Materiais à base de céria dopado com gadolínio e níquel (Ni-CDG) têm sido amplamente estudados como substratos anódicos (ARAÚJO *et al.*, 2018; ATHANASIOU *et al.*, 2020; NEOFYTIDIS *et al.*, 2018) without dilution in a carrier gas. Complementary electrochemical and physicochemical characterization was performed to investigate the possible modifications on the electrochemical and structural properties of the electrodes. In brief, the cell with Ni/GDC was more active catalytically, but exhibited worst electrocatalytic performance and operated for significantly shorter period with a degradation rate 5.5mV/h. The main degradation factor was the higher carbon formation rate, which increased gradually and affected the polarization resistance of the electrode. The cell with 3Au-3Mo-Ni/GDC was moderately active catalytically, but performed better and lasted for the double operating period with a degradation rate 2.6mV/h. In the latter case the carbon formation rate was almost negligible and degradation was attributed to the gradual re-oxidation of nickel, which affected the ohmic resistance of the electrode.”, “author”: {“dropping-particle”: “”, “family”: “Neofytidis”, “given”: “Ch.”, “non-dropping-particle”: “”, “parse-names”: false, “suffix”: “”}, {“dropping-particle”: “”, “family”: “Dracopoulos”, “given”: “V”, “non-dropping-particle”: “”, “parse-names”: false, “suffix”: “”}, {“dropping-particle”: “”, “family”: “Neophytides”, “given”: “S G”, “non-dropping-particle”: “”, “parse-names”: false, “suffix”: “”}, {“dropping-particle”: “”, “family”: “Niakolas”, “given”: “D K”, “non-dropping-particle”: “”, “parse-names”: false, “suffix”: “”}], “container-title”: “Catalysis Today”, “id”: “ITEM-1”, “issued”: {“date-parts”: [[“2018”]]}, “page”: “157-

165”, “title”: “Electrocatalytic performance and carbon tolerance of ternary Au-Mo-Ni/GDC SOFC anodes under CH4-rich Internal Steam Reforming conditions”, “type”: “article-journal”, “volume”: “310”, “uris”: [“http://www.mendeley.com/documents/?uuid=c6d8cb79-188b-4f98-b461-f107db52bd18”]], {“id”: “ITEM-2”, “itemData”: {“DOI”: “https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.227404”, “ISSN”: “0378-7753”, “abstract”: “The electrochemical impedance response of an electrolyte supported Solid Oxide Fuel Cell (SOFC, pois apresentam uma condutividade iônica mais alta em comparação com os eletrodos tradicionais, por exemplo, zircônia estabilizada com ítria (CODDET *et al.*, 2019; JANG *et al.*, 2019).

A preparação do cermets Ni-CDG começa com a obtenção do compósito NiO-CDG como material precursor de ânodo, que podem proceder da mistura mecânica dos pós cerâmicos de NiO e CDG obtidos anteriormente por métodos químicos (DING *et al.*, 2009, 2010a; MYUNG *et al.*, 2012) ou através de pós comerciais (NIAKOLAS *et al.*, 2013; SANDOVAL *et al.*, 2014). Para produzir este compósito várias técnicas são utilizadas, incluindo spray pirólise (JADHAV; PURI; JADHAV, 2016), processo sol-gel (LIN *et al.*, 2008), serigrafia (NEOFYTIDIS *et al.*, 2019), deposição por laser pulsado (IONOV *et al.*, 2017), deposição de camada atômica (HONG *et al.*, 2011) e deposição física de vapor por feixe de elétrons (UHLENBRUCK *et al.*, 2010). Porém, a técnica *Tape Casting* tem atraído muita atenção sobre o processo de obtenção de eletrólitos sólidos, uma vez que produzem filmes finos, densos, homogêneos, flexíveis e de baixo custo (LIU; LI; HAO, 2019).

O objetivo desse trabalho é produzir fitas cerâmicas de NiO-CDG por *Tape Casting* de base aquosa, estudando suas propriedades físicas e mecânicas em diferentes temperaturas.

## 2 Experimental

Céria dopado com gadolínio (Ce0,9Gd0,1O1,95, Sigma-Aldrich, com tamanho médio de partícula de 100 nm a 500 nm e área superficial específica de 10 m<sup>2</sup>/g a 14 m<sup>2</sup>/g) e óxido de níquel (NiO, Sigma-Aldrich, tamanho médio de partícula de < 50 nm) foram preparados por mistura mecânica (20% em peso de NiO) de maneira semelhante ao trabalho realizado por Alves *et al.* (2020). Foram utilizadas na produção das fitas cerâmicas por *Tape Casting* três tipos de dispersantes, e a suspensão cerâmica foi obtida em

duas etapas. Na primeira etapa, houve a mistura de solvente, dispersante e pó cerâmico em um moinho de bolas por 24 h. Na segunda etapa, ligante, plastificante, surfactante e antiespumante foram adicionados à mistura e homogeneizadas por 30 min. A Tabela 1 mostra os materiais precursores empregados em cada

etapa durante a produção das suspensões cerâmicas. As composições de todos os componentes foram investigadas e otimizadas anteriormente (ACCHAR; CRUZ; PAES JUNIOR, 2017). A ordem de adição dos componentes é essencial para obter uma suspensão homogênea (HOTZA *et al.*, 2019).

**Tabela 1** – Materiais precursores empregados em cada etapa durante a preparação das suspensões cerâmicas

Etapas	Material	Fabricante	Função	% em massa
1°	Água destilada	-	Solvente	22,00
	Darvan 811 A Dolapix CA Triton X-114	Vanderbilt Zschimmer & Schwarz Sigma-Aldrich	Dispersante	2,50
	Pó cerâmico	-	Pó	50,00
2°	Emulsão acrílica	Clariant	Ligante	21,50
	Álcool isopropílico	Vetec	Plastificante	1,00
	Dietanolamida de coco	Stepan	Surfactante	0,50
	Antiespumante A	Sigma-Aldrich	Antiespumante	2,50
<b>Total</b>				<b>100,00</b>

Fonte: Dados da pesquisa.

Para a deposição da suspensão cerâmica foi utilizado o equipamento Table Top *Tape Casting* Machine TTC-1200 (*Tape Casting* Warehouse, Inc.) a uma velocidade constante de 200 mm/min, em temperatura ambiente. O processo foi efetuado através do movimento relativo entre uma lâmina niveladora (Doctor Blade) e uma superfície coletora. A espessura dos compósitos cerâmicos obtidos foi de 120  $\mu\text{m}$ . A secagem dos compósitos foi realizada por 24 h no interior do próprio equipamento. Posteriormente, os compósitos foram separados da superfície coletora, e cortados em forma retangular medindo 20x30 mm<sup>2</sup>. Em seguida, cinco camadas foram empilhadas e prensadas a quente com pressão de 10 MPa por 5 min a 60 °C. Os materiais sofreram um tratamento térmico a 400 °C, com uma taxa de aquecimento de 0,5 °C/min durante 180 min, sendo sinterizados em etapas posteriores. A sinterização foi realizada nas temperaturas de 1200 °C, 1300 °C e 1400 °C sob uma taxa de aquecimento de 5 °C/min durante 180 min, utilizando uma taxa de resfriamento de 5 °C/min.

A viscosidade foi medida usando um Haake Viscotester (Thermo scientific, Thermo Fisher Scientific Inc.) com tensão de cisalhamento entre 0 s<sup>-1</sup> e 1000 s<sup>-1</sup> e geometria de cone duplo/placa à

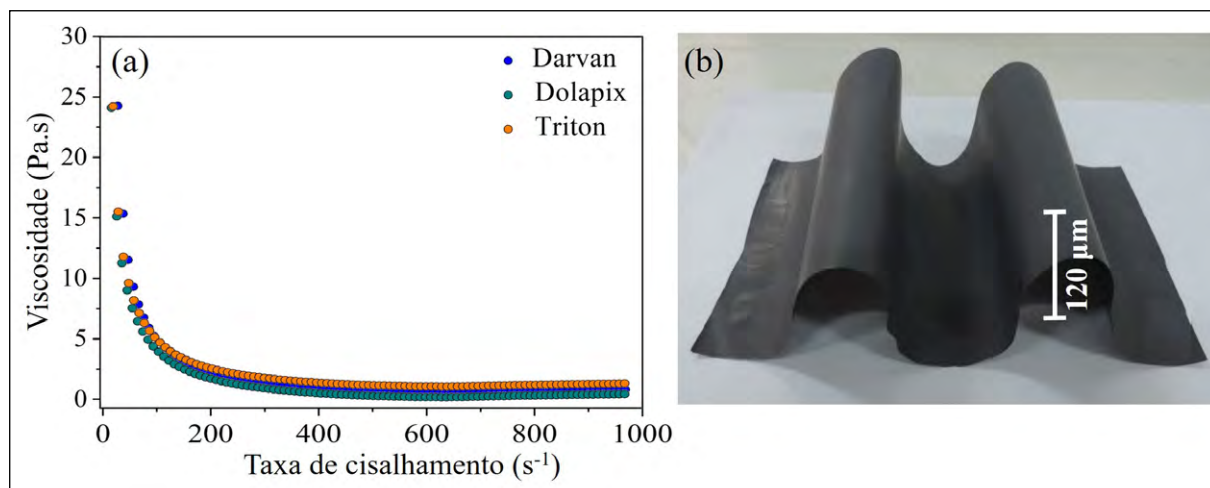
temperatura ambiente. O comportamento térmico das amostras foi analisado por termogravimetria (TG) e calorimetria diferencial de varredura (DSC) (DTG-60, Shimadzu Corporation, Japão) em uma atmosfera de argônio, com temperatura variando de 20 °C a 500 °C e vazão de 50 mL/min com taxa de aquecimento de 5 °C/min. Análises das fases cristalinas foram realizadas por difração de raios X (DRX, MiniFlex II; Rigaku Corporation, Japão), com geometria Bragg-Brentano  $\theta$ - $2\theta$  e radiação Cu-K $\alpha$ , e microscopia eletrônica de varredura (MEV, Zeiss Auriga 40). O tamanho do cristalito foi calculado usando a fórmula de Debye Scherrer,  $d = k\lambda/\beta\cos\theta$ , na qual  $d$  é o tamanho médio dos cristalitos (nm),  $K$  é o fator de forma do cristalito,  $\lambda$  é o comprimento de onda do raio X (no caso de Cu-K $\alpha$  = 1,5406 Å),  $B$  é a largura a meia altura (FWHM) em radianos do pico de difração de raios-X e  $\theta$  é o ângulo de Braggs (radianos). A resistência mecânica dos compósitos sinterizados foi medida com uma máquina de teste universal (Zwick-Roell, 2,5 kN) em ensaios de flexão de três pontos a uma velocidade constante de 0,5 mm/min. Finalmente, as propriedades elétricas em temperatura ambiente dos compósitos verdes e sinterizados foram medidas pelo método de sonda de quatro pontos usando curvas I-V (Modelo 238, Keithley).

### 3 Resultados e discussão

A análise reológica (Figura 1 (a)) das suspensões cerâmicas usadas para preparar o compósito NiO-CDG revela uma diminuição da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento, que é característico de um comportamento pseudoplástico. Essa característica nos garante um fluxo de massa uniforme durante o processo de *Tape Casting* (ALVES *et al.*, 2019,

2020; COSTA *et al.*, 2019). Pode-se observar que o compósito que utilizou os dispersantes Darvan e Dolapix apresentaram defeitos após a secagem, tornando-se inapropriado para este estudo. O uso do dispersante Triton mostrou uma superfície homogênea, flexível e sem defeitos (Figura 1 (b)), comportamento adequado para este trabalho, tendo sido escolhido para a confecção das fitas cerâmicas.

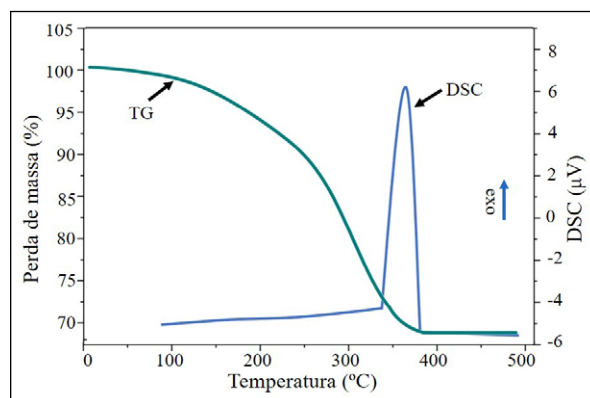
**Figura 1** – (a) Viscosidade da suspensão cerâmica em função da taxa de cisalhamento. (b) Imagem do compósito NiO-CDG flexível obtidas após 24 h de secagem



Fonte: Elaborada pelos autores.

A análise térmica (Figura 2) do compósito verde flexível mostra uma perda de massa de 32%, a qual está associada à decomposição dos elementos orgânicos (dispersante, ligante, plastificante, surfactante e antiespumante) (ARABACI; ÖKSÜZÖMER, 2012). Esse comportamento é confirmado por um pico exotérmico na faixa de temperatura de 350 °C - 396 °C, referente ao compósito flexível, concordando, desta maneira, com a literatura (CHANDRADASS; NAM; KIM, 2009). Com base nessas análises térmicas, 400 °C foi escolhida como a temperatura de calcinação para remover a grande quantidade de elementos orgânicos do compósito cerâmico.

**Figura 2** – Curva TG/DSC do compósito verde flexível

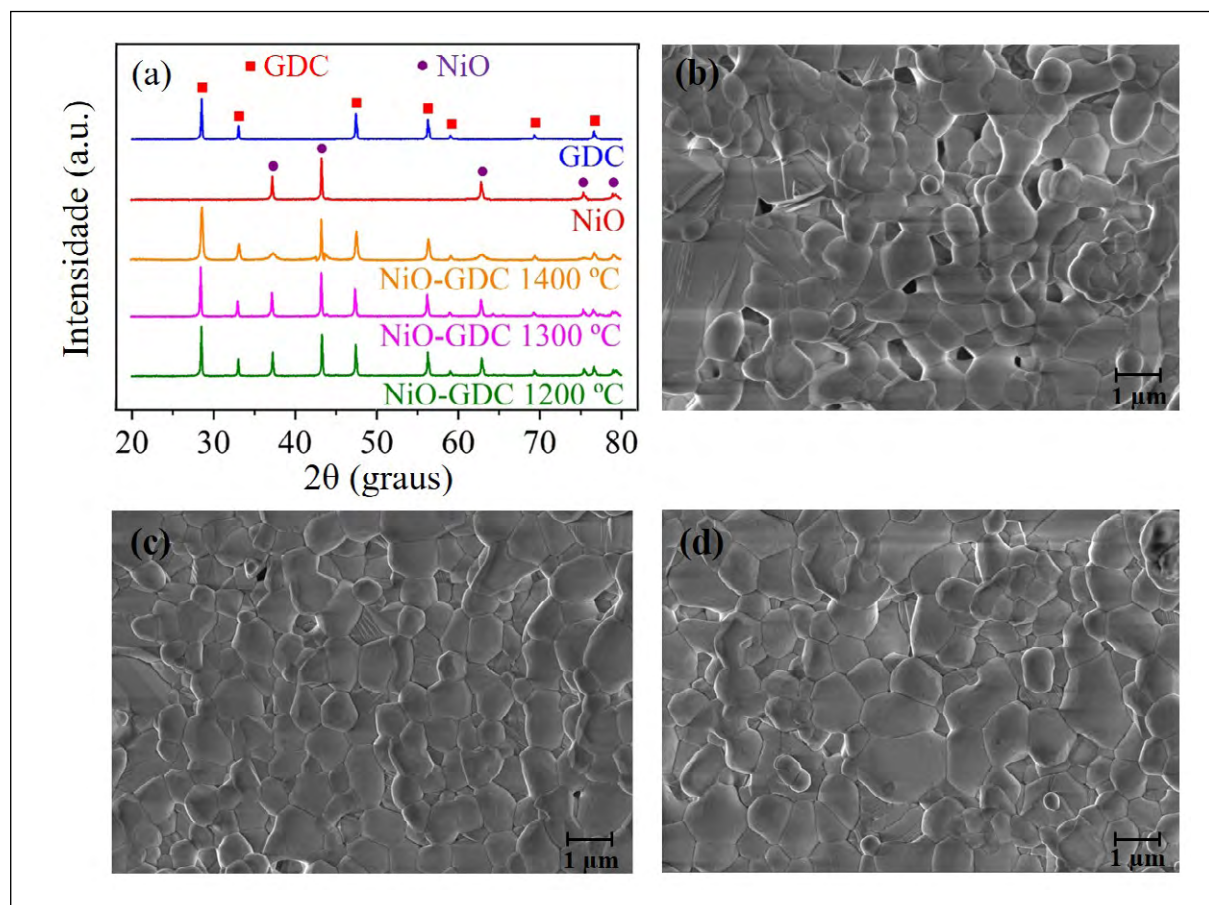


Fonte: Elaborada pelos autores.

Os padrões de DRX dos pós cerâmicos (CDG e NiO) e do compósito sinterizado NiO-CDG a 1200 °C, 1300 °C e 1400 °C são mostrados na Figura 3 (a). O compósito sinterizado NiO-CDG mostrou picos de difração a 37,31°, 43,10°, 62,70°, 75,25° e 79,19° ( $2\theta$ ) correspondentes a (111), (200), (220), (311) e (222) planos cristalinos da fase NiO. Os picos da fase CDG foram observados em 28,54°, 32,95°, 47,45°, 56,20°, 58,98°, 69,42° e 76,59° ( $2\theta$ ), correspondendo aos planos cristalinos (111), (200), (220), (311), (222), (400) e (331) (USUBA *et al.*, 2020). Todos os difratogramas mostraram as fases cristalinas cúbicas de céria dopada com gadolínio e óxido de níquel, o que está de acordo com os resultados de Choolaei *et al.* (2018) e Jadhav, Puri e Jadhav (2016). Os padrões foram indexados usando as cartas ICSD 28795 (CDG,  $Ce_{0,9}Gd_{0,1}O_{1,95}$ )

e ICSD 24018 (NiO). O tamanho de cristalito dos compostos sinterizados foi calculado usando a fórmula de Debye Scherrer para os picos mais intensos (111) e (200) localizados em  $2\theta = 28,54^\circ$  e  $2\theta = 43,10^\circ$ , respectivamente. Os tamanhos de cristalito do NiO e CDG no compósito NiO-CDG foram mencionados em vários estudos utilizando técnicas diferentes, como mostrado na Tabela 2. Nossos estudos indicam que a técnica *Tape Casting* pode desenvolver com sucesso um compósito NiO-CDG com menor tamanho de cristalito. Além disso, através das imagens SEM (Figura 3 (b), (c) e (d)), foi possível observar uma boa densificação entre os grãos, confirmando uma sinterização eficiente e uma diminuição evidente da quantidade de poros com o aumento da temperatura de sinterização.

**Figura 3** – (a) Padrões de DRX dos pós cerâmicos (CDG e NiO) e do compósito NiO-GDC sinterizados a 1200 °C, 1300 °C e 1400 °C. Imagem do MEV do compósito sinterizado a (b) 1200 °C, (c) 1300 °C e (d) 1400 °C



Fonte: Elaborada pelos autores.



**Tabela 2** – Tamanho de cristalito do NiO e CDG no compósito NiO-CDG usando a fórmula de Debye Scherrer

Referências	Técnica	Temperatura de sinterização (°C) NiO	Tamanho de cristalito (nm)	
			CDG	
No presente trabalho	Tape Casting	1200	27,84	32,33
No presente trabalho	Tape Casting	1300	41,26	47,97
No presente trabalho	Tape Casting	1400	50,11	52,14
(DING <i>et al.</i> , 2009)	Coprecipitação	800	30,50	27,30
(WANDEKAR <i>et al.</i> , 2006)	Combustão	900	75,00	60,00
(CHOURASHIYA; JADHAV, 2011)	Spray pirólise	1200	403,00	575,00
(REDDY <i>et al.</i> , 2020)	Prensagem isostática	1300	44,84	49,86
(FERNANDEZ ZUVICH <i>et al.</i> , 2016)	Sol-gel	1350	168,00	207,00
(SKALAR; ZUPAN; MARINŠEK, 2019)	Combustão	1200	92,00	84,00
(SKALAR; ZUPAN; MARINŠEK, 2019)	Combustão	1300	143,00	128,00
(SKALAR; ZUPAN; MARINŠEK, 2019)	Combustão	1400	230,00	193,00
(PRAKASH <i>et al.</i> , 2017)	Combustão	1400	2x10 <sup>3</sup>	7x10 <sup>3</sup>

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 3 mostra os valores de densidade aparente e resistência mecânica do compósito NiO-CDG em função da temperatura de sinterização. Nota-se que a densidade relativa aumenta com a temperatura de sinterização, atingindo uma faixa de 94,00% a 98,00% para todas as temperaturas, concordando bem com o trabalho feito por JAMIL *et al.* (2017). Devido à densificação do compósito sinterizado, pode-se observar um aumento da resistência mecânica. Na temperatura de sinterização de 1400 °C encontra-se o maior valor de densidade relativa (98,00%) e, conseqüentemente, um maior valor de resistência mecânica (107,39 MPa), como esperado (TIMURKUTLUK *et al.*, 2018). Através da imagem de MEV da superfície de fratura, Figura 4 (a), foi possível observar uma fratura predominantemente transgranular.

**Tabela 3** – Resultados da densidade aparente e resistência mecânica do compósito NiO-CDG em função da temperatura de sinterização

Temperatura (°C)	Densidade relativa (%)	Resistência mecânica (MPa)
1200	94,00	103,34
1300	95,00	105,78
1400	98,00	107,39

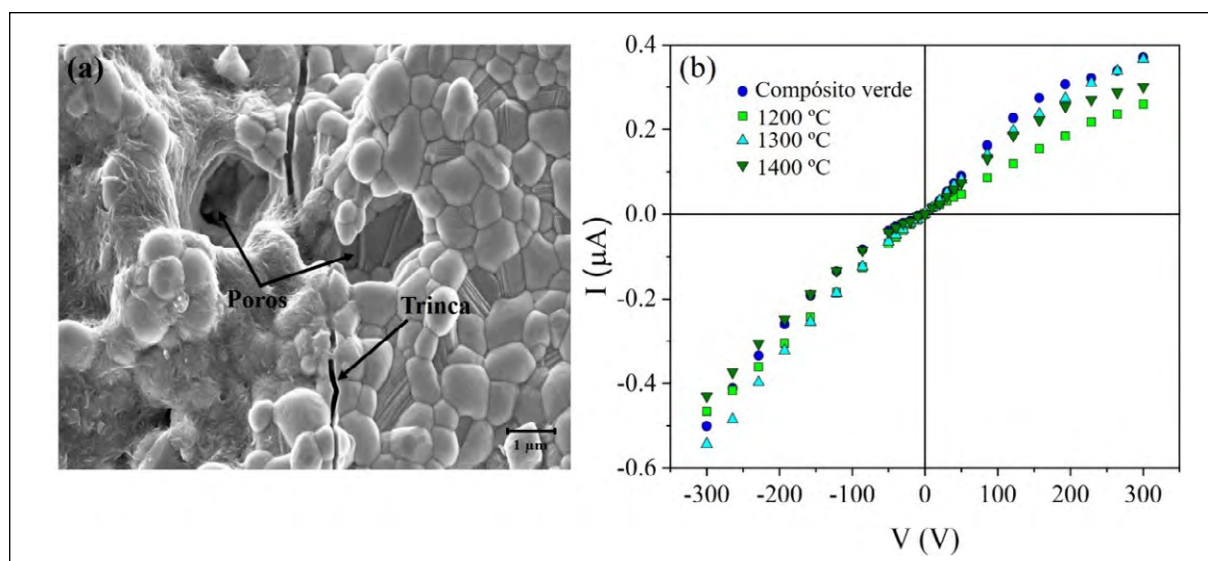
Fonte: Dados da pesquisa.

O comportamento elétrico dos compósitos medidos à temperatura ambiente, como observado na Figura 4 (b), mostrou um caráter ôhmico, com uma resistência elétrica em torno de 106 Ω. Esse valor é semelhante aos resultados obtidos na literatura (AYAWANNA *et al.*, 2013; DING *et al.*, 2010b;

MISONO *et al.*, 2007). Nas curvas I-V, nota-se que o compósito verde, antes da sinterização, mostra um comportamento elétrico idêntico ao dos compósitos sinterizados. Esse fato sugere o uso do compósito verde como material precursor de ânodo para SOFCs, pois oferece vantagens sobre os compósitos sinterizados, como flexibilidade (Figura 1 (b)), que

possibilita obter compósitos com formas variadas e espessura controlada e baixo custo, devido à ausência da etapa de tratamento térmico. Estudos adicionais das propriedades elétricas dos compósitos produzidos pela técnica *Tape Casting* serão relatados nos próximos trabalhos.

**Figura 4** – (a) Imagem do MEV da superfície de fratura. (b) Curvas I-V do compósito NiO-CDG verde e sinterizados



Fonte: Elaborada pelos autores.

## 4 Conclusão

A técnica *Tape Casting* foi usada com sucesso para preparar compósito NiO-CDG. A temperatura de sinterização de 1400 °C mostrou-se ideal para a produção do compósito, pois, a essa temperatura, foi obtida a melhor relação entre densidade e resistência mecânica. Além disso, o compósito verde NiO-CDG mostrou um comportamento elétrico semelhante aos compósitos sinterizados. Logo, o compósito verde torna-se um excelente candidato para aplicações, uma vez que funciona como material precursor de ânodos para células a combustível de óxido sólido (SOFCs).

### AGRADECIMENTOS

A pesquisa foi apoiada pelas agências brasileiras CAPES e CNPq.

### REFERÊNCIAS

- ACCHAR, W.; CRUZ, L. B.; PAES JUNIOR, H. R. Study of NiO-GDC material produced by aqueous *Tape Casting*. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 11942, 2017. DOI: 10.1590/S1517-707620170005.0278. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/w4SVYqdcTrR66k3DXr4rGhD/?lang=en>. Acesso em: 5 de jan. 2021.
- ALVES, H. P. A.; COSTA, A. C. S.; CORREA, M. A.; BOHN, F.; DELLA PACE, R. D.; ACCHAR, W. Structural, magnetic and electric properties of ZrO<sub>2</sub> tapes decorated with magnetic nanoparticles. **Ceramics International**, v. 45, n. 12, p. 14500-14504, 2019. DOI: 10.1016/j.ceramint.2019.04.123. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884219309484?casa\\_token=RwyaLkSgnngAAAAA:KJ6mBjivOBzuQZKgHMRMqtZKDD18MKnWK\\_pl\\_BK5aP5XieH2Qwq6rrzHI4CIXyuiBoiK-KNDR8Y](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884219309484?casa_token=RwyaLkSgnngAAAAA:KJ6mBjivOBzuQZKgHMRMqtZKDD18MKnWK_pl_BK5aP5XieH2Qwq6rrzHI4CIXyuiBoiK-KNDR8Y). Acesso em: 5 de jan. 2021.

ALVES, H. P. A.; COSTA, A. C. S.; CARVALHO, B. R.; BOHN, F.; CORREA, M. A.; ACCHAR, W. Incorporating graphene into a sintered ceramic tape: Structural and magnetic properties of a zirconia-graphene composite. **Materials Letters**, v. 270, p. 127689, 2020. DOI: 10.1016/j.matlet.2020.127689. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167577X20303943?casa\\_token=IVedATRU\\_S4AAAAA:rXy5vuPFDAObXFcvio8B0P-8UwBt3Oxy5YW-COEIQzUF2zUNUL-9f9N7TYXqzmaPZI62-V9RM4](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167577X20303943?casa_token=IVedATRU_S4AAAAA:rXy5vuPFDAObXFcvio8B0P-8UwBt3Oxy5YW-COEIQzUF2zUNUL-9f9N7TYXqzmaPZI62-V9RM4). Acesso em: 5 de jan. 2021.

ARABACI, A.; ÖKSÜZÖMER, M. F. Preparation and characterization of 10 mol% Gd doped CeO<sub>2</sub> (GDC) electrolyte for SOFC applications. **Ceramics International**, v. 38, n. 8, p. 6509-6515, 2012. DOI: 10.1016/j.ceramint.2012.05.030. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884212004397?casa\\_token=9AoTLvlp\\_uMAAAAA:\\_IJX5ogvEwZaX6MsrV3J4GFBaZF5J Dobmoxp4h1tCGMbMoZUBCCDmFL5Mz2upLSbmBDesNZCnZk](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884212004397?casa_token=9AoTLvlp_uMAAAAA:_IJX5ogvEwZaX6MsrV3J4GFBaZF5J Dobmoxp4h1tCGMbMoZUBCCDmFL5Mz2upLSbmBDesNZCnZk). Acesso em: 5 de jan. 2021.

ARAÚJO, A. J. M.; GRILO, J. P.; LOUREIRO, F. J.; CAMPOS, L. F.; PASKOCIMAS, C. A.; NASCIMENTO, R. M.; MACEDO, D. A. Designing experiments for the preparation of Ni-GDC cermets with controlled porosity as SOFC anode materials: effects on the electrical properties. **Ceramics International**, v. 44, n. 18, p. 23088-23093, 2018. DOI: 10.1016/j.ceramint.2018.09.115. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884218325811?casa\\_token=w1DQ6tutZHSAAAAA:VaOFCY7ACgYEm5q1b63vSUFpOv1gNJAvcDC-V3Z5ep1lb0FGpoAbraHW-KDiFuWdNLThKEG5UprQ](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884218325811?casa_token=w1DQ6tutZHSAAAAA:VaOFCY7ACgYEm5q1b63vSUFpOv1gNJAvcDC-V3Z5ep1lb0FGpoAbraHW-KDiFuWdNLThKEG5UprQ). Acesso em: 5 de jan. 2021.

ATHANASIOU, M.; NIAKOLAS, D. K.; BEBELIS, S.; NEOPHYTIDES, S. G. Steam effect on Gerischer impedance response of a Ni/GDC|YSZ|LSM fuel cell/anode. **Journal of Power Sources**, v. 448, p. 227404, 2020. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2019.227404. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775319313977?casa\\_token=CbDNL\\_hmYsAAAAA:9uGR73NeAaGHWStzXBjqyQXxjkYu\\_8kk6FyOrgLywxhbfCHtCnVxBsQLABqHEv1jle2afD53Bxo](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775319313977?casa_token=CbDNL_hmYsAAAAA:9uGR73NeAaGHWStzXBjqyQXxjkYu_8kk6FyOrgLywxhbfCHtCnVxBsQLABqHEv1jle2afD53Bxo). Acesso em: 05 de jan. 2021.

AYAWANNA, J.; WATTANASIRIWECH, D.; WATTANASIRIWECH, S.; SATO, K. Electrochemical Performance of Ni<sub>1-x</sub>Cox-GDC Cermet Anodes for SOFCs. **Energy Procedia**, v. 34, p. 439-448, 2013. DOI: 10.1016/j.egypro.2013.06.772. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213010151>. Acesso em: 05 de jan. 2021.

CHANDRADASS, J.; NAM, B.; KIM, K. H. Fine tuning of gadolinium doped ceria electrolyte nanoparticles via reverse microemulsion process. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 348, n. 1, p. 130-136, 2009. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2009.07.012. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775709004178?casa\\_token=-6YXatb9CSUAAAAA:qjsDW\\_mnWTSvFrXwll99cm5mEsnzc16B\\_TKmxh28crZsr8TqKmX0H29cgRNZyGYZAXAAOQnlsBM](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927775709004178?casa_token=-6YXatb9CSUAAAAA:qjsDW_mnWTSvFrXwll99cm5mEsnzc16B_TKmxh28crZsr8TqKmX0H29cgRNZyGYZAXAAOQnlsBM). Acesso em: 05 de jan. 2021.

CHOO LAEI, M.; CAI, Q.; SLADE, R. C.; HORRI, B. A. Nanocrystalline gadolinium-doped ceria (GDC) for SOFCs by an environmentally-friendly single step method. **Ceramics International**, v. 44, n. 11, p. 13286-13292, 2018. DOI: 10.1016/j.ceramint.2018.04.159. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884218310356?casa\\_token=lbyrYNeU0P0AAAAA:i3nRm6IHH\\_WWiMPviXCI\\_zuXNKwbJ7XDYer1JW01HPiL8oDEcS4ePLicmnu4zTlftWsoNqmKGU](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884218310356?casa_token=lbyrYNeU0P0AAAAA:i3nRm6IHH_WWiMPviXCI_zuXNKwbJ7XDYer1JW01HPiL8oDEcS4ePLicmnu4zTlftWsoNqmKGU). Acesso em: 05 de jan. 2021.

CHOURASHIYA, M. G.; JADHAV, L. D. Synthesis and characterization of 10 % Gd doped ceria (GDC) deposited on NiO-GDC anode-grade-ceramic substrate as half cell for IT-SOFC. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, n. 22, p. 14984-14995, 2011. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2010.12.083. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319910024250?casa\\_token=4D0B0fQBldcAAAAA:5eJjbAPwaskViulSzwL3mlFWP7JYupa87ImogMrwMRSaXTgsx7Z-etL-1ldUre6SUIbbWbJDfk](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319910024250?casa_token=4D0B0fQBldcAAAAA:5eJjbAPwaskViulSzwL3mlFWP7JYupa87ImogMrwMRSaXTgsx7Z-etL-1ldUre6SUIbbWbJDfk). Acesso em: 5 de jan. 2021.

CODDET, P.; AMANY, M. L.; VULLIET, J.; CAILLARD, A.; THOMANN, A. L. YSZ/GDC bilayer and gradient barrier layers deposited by reactive magnetron sputtering for solid oxide cells. **Surface and Coatings Technology**, v. 357, p. 103-113, 2019. DOI: 10.1016/j.surfcoat.2018.09.085. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897218310624?casa\\_token=vrR-DNsbnoAAAAA:xTf0CbOU2k-o6NqUarkLd3jeweZIZY5xG5fEEaAwkMqJrmp3wdjc72xgJJVSExUgpy8ec5E\\_PJU](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897218310624?casa_token=vrR-DNsbnoAAAAA:xTf0CbOU2k-o6NqUarkLd3jeweZIZY5xG5fEEaAwkMqJrmp3wdjc72xgJJVSExUgpy8ec5E_PJU). Acesso em: 5 de jan. 2021.

COSTA, A. C. S.; ALVES, H. P. A.; CORREA, M. A.; BOHN, F.; ACCHAR, W. Iron oxide/PVA flexible magnetic tape engineered by microwave combustion and *Tape Casting*. **Materials Chemistry and Physics**, v. 232, p. 1-5, 2019. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2019.04.027. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254058419303232?casa\\_token](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254058419303232?casa_token)



=QIYnQymFr0YAAAAA:riAs244vkg4wQfHMpNHe59IbPYsNHoFNIAqYxdUA\_nSkJcKa6QLHP0WYWAbi3JvGtzvKij44br4. Acesso em: 5 de jan. 2021.

DING, C.; LIN, H.; SATO, K.; HASHIDA, T. Synthesis of NiO–Ce<sub>0.9</sub>Gd<sub>0.1</sub>O<sub>1.95</sub> nanocomposite powders for low-temperature solid oxide fuel cell anodes by co-precipitation. **Scripta Materialia**, v. 60, n. 4, p. 254-256, 2009. DOI: 10.1016/j.scriptamat.2008.10.020. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359646208007483?casa\\_token=Zd3Zh7pZpIEAAAAA:PUDrdebvIVMnBPdqutlo7qV\\_F6OaFu6kyknSL5Oz2QGwMjU-Rz9fJ1tVfIcRPP15Yc09p51QLcY](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359646208007483?casa_token=Zd3Zh7pZpIEAAAAA:PUDrdebvIVMnBPdqutlo7qV_F6OaFu6kyknSL5Oz2QGwMjU-Rz9fJ1tVfIcRPP15Yc09p51QLcY). Acesso em: 5 de jan. 2021.

DING, C.; LIN, H.; SATO, K.; KAWADA, T.; MIZUSAKI, J.; HASHIDA, T. Improvement of electrochemical performance of anode-supported SOFCs by NiO–Ce<sub>0.9</sub>Gd<sub>0.1</sub>O<sub>1.95</sub> nanocomposite powders. **Solid State Ionics**, v. 181, n. 25, p. 1238-1243, 2010a. DOI: 10.1016/j.ssi.2010.06.037. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167273810003413?casa\\_token=EvCdbhfC0Z8AAAAA:bDEtDPBa7quOTginndy4U7HSY9LD905gccYQqOxUYNNPNkGBE9fx62KM2Wdy5tQmNCgf8m3EZTo](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167273810003413?casa_token=EvCdbhfC0Z8AAAAA:bDEtDPBa7quOTginndy4U7HSY9LD905gccYQqOxUYNNPNkGBE9fx62KM2Wdy5tQmNCgf8m3EZTo). Acesso em: 5 de jan. 2021.

DING, C.; LIN, H.; SATO, K.; HASHIDA, T. A simple, rapid spray method for preparing anode-supported solid oxide fuel cells with GDC electrolyte thin films. **Journal of Membrane Science**, v. 350, n. 1, p. 1-4, 2010b. DOI: 10.1016/j.memsci.2009.12.013. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376738809009090?casa\\_token=8NgcnPmdUx4AAAAA:xzmYliXL\\_4lFuwcB-I39f\\_JOZ4J1PA3QBAhZCLjptGpOSDhswV6tZKm2Q3bb6EgTzrwICCe6no](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376738809009090?casa_token=8NgcnPmdUx4AAAAA:xzmYliXL_4lFuwcB-I39f_JOZ4J1PA3QBAhZCLjptGpOSDhswV6tZKm2Q3bb6EgTzrwICCe6no). Acesso em: 5 de jan. 2021.

FERNANDEZ ZUVICH, A.; LARRONDO, S.; SALETA, M.; NAPOLITANO, F.; CANEIRO, A.; TROIANI, H.; LAMAS, D. G.; ARCE, M. D.; SERQUIS, A.; SOLDATI, A. Time resolved DXAS study on micro and nano NiO/Ce<sub>0.9</sub>Gd<sub>0.1</sub>O<sub>1.95</sub> cermets for intermediate temperature solid oxide fuel cells. **ECS Transactions**, v. 72, n. 7, p. 215-224, 2016. DOI: 10.1149/07207.0215ecst/meta. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/07207.0215ecst/meta>. Acesso em: 5 de jan. 2021.

HONG, Y. S.; KIM, S. H.; KIM, W. J.; YOON, H. H. Fabrication and characterization GDC electrolyte thin films by e-beam technique for IT-SOFC. **Current Applied Physics**, v. 11, n. 5, Supplement, p. S163–S168, 2011. DOI: 10.1016/j.cap.2011.03.071.

Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567173911002069?casa\\_token=AsZgP1IDdr4AAAAA:EW-ob\\_FeVGI86vy0r-0o9ghFERbrW\\_Zy\\_ZbpxyVGsG4RAYN1CXbxbTgeCTMUqzmPY2YO7t47Aol](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1567173911002069?casa_token=AsZgP1IDdr4AAAAA:EW-ob_FeVGI86vy0r-0o9ghFERbrW_Zy_ZbpxyVGsG4RAYN1CXbxbTgeCTMUqzmPY2YO7t47Aol). Acesso em: 5 de jan. 2021.

HOTZA, D.; NISHIHORA, R. K.; MACHADO, R. A.; GEFFROY, P. M.; CHARTIER, T.; BERNARD, S. *Tape Casting* of preceramic polymers toward advanced ceramics: A review. **International Journal of Ceramic Engineering & Science**, v. 1, n. 1, p. 21-41, 2019. DOI: 10.1002/ces2.10009. Disponível em: <https://ceramics.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ces2.10009>. Acesso em: 5 de jan. 2021.

IONOV, I. V.; SOLOVYEV, A. A.; SHIPILOVA, A. V.; LEBEDYNSKIY, A. M.; SMOLYANSKIY, E. A.; LAUK, A. L.; SEMENOV, V. A. Reactive co-sputter deposition of nanostructured cermet anodes for solid oxide fuel cells. **Japanese Journal of Applied Physics**, v. 57, n. 1S, p. 01AF07, 2017. DOI: 10.7567/JJAP.57.01AF07/meta. Disponível em: [https://iopscience.iop.org/article/10.7567/JJAP.57.01AF07/meta?casa\\_token=77uaUYxiZk8AAAAA:Eb-biq7sgra7kXsUJUlwKE\\_1s6s60sHUC2cFakNU2u7m20z7k0Xwyo-7ESTZFXavKFOdrPft4I4OA2o](https://iopscience.iop.org/article/10.7567/JJAP.57.01AF07/meta?casa_token=77uaUYxiZk8AAAAA:Eb-biq7sgra7kXsUJUlwKE_1s6s60sHUC2cFakNU2u7m20z7k0Xwyo-7ESTZFXavKFOdrPft4I4OA2o). Acesso em: 5 de jan. 2021.

JADHAV, S. T.; PURI, V. R.; JADHAV, L. D. NiO–GDC–BCY composites as an anode for SOFC. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 685, p. 626-632, 2016. DOI: 10.1016/j.jallcom.2016.05.243. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925838816315924?casa\\_token=xxbySYpvYsAAAAA:HHA2aUJG94siWz9Gm-ktsumPxmPhJa6xjXzoqqweXIGM8C5ArLOOJiP8YCGyOw1Bj-0VQQ7akdw](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925838816315924?casa_token=xxbySYpvYsAAAAA:HHA2aUJG94siWz9Gm-ktsumPxmPhJa6xjXzoqqweXIGM8C5ArLOOJiP8YCGyOw1Bj-0VQQ7akdw). Acesso em: 5 de jan. 2021.

JAMIL, S. M.; OTHMAN, M. H. D.; RAHMAN, M. A.; JAAFAR, J.; ISMAIL, A. F. Anode supported micro-tubular SOFC fabricated with mixed particle size electrolyte via phase-inversion technique. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, n. 14, p. 9188-9201, 2017. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.05.016. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319915310430?casa\\_token=lVuAohJ5h-oAAAAA:6SQ1kNQ\\_gQkZ9JwmlYru5d\\_EXWX18jwVloExOpdV3LZ\\_4CjyXtOJg2ELWXqOqobOa6lcwVwwo0](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319915310430?casa_token=lVuAohJ5h-oAAAAA:6SQ1kNQ_gQkZ9JwmlYru5d_EXWX18jwVloExOpdV3LZ_4CjyXtOJg2ELWXqOqobOa6lcwVwwo0). Acesso em: 5 de jan. 2021.

JANG, I.; KIM, S.; KIM, C.; LEE, H.; YOON, H.; SONG, T.; PAIK, U. Interface engineering of yttrium stabilized zirconia/gadolinium doped ceria bi-layer electrolyte solid oxide fuel cell for boosting electrochemical performance. **Journal of Power Sources**, v. 435, p.

226776, 2019. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2019.226776. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775319307475?casa\\_token=yZSpM2OdZPUAAAAA:Aeailo2H2EYm5ccp0QFCi-oVkykSv5OQ0qdPB1lsylw6O6WBUCrPLiN9ZXe-MJ0pxtAgYtswQ](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775319307475?casa_token=yZSpM2OdZPUAAAAA:Aeailo2H2EYm5ccp0QFCi-oVkykSv5OQ0qdPB1lsylw6O6WBUCrPLiN9ZXe-MJ0pxtAgYtswQ). Acesso em: 5 de jan. 2021.

KHAN, M. S.; LEE, S. B.; SONG, R. H.; LEE, J. W.; LIM, T. H.; PARK, S. J. Fundamental mechanisms involved in the degradation of nickel–yttria stabilized zirconia (Ni–YSZ) anode during solid oxide fuel cells operation: A review. **Ceramics International**, v. 42, n. 1, Part A, p. 35–48, 2016. DOI: 10.1016/j.ceramint.2015.09.006. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884215017149?casa\\_token=jfbx5P1\\_ITKAAAAA:kZIRAqZTxClqRKDB84CASVcQq6bKmls92E3BF18R4eW0GAJRpuP40NAJDzeGR-CDWUnvKjyJXPg](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884215017149?casa_token=jfbx5P1_ITKAAAAA:kZIRAqZTxClqRKDB84CASVcQq6bKmls92E3BF18R4eW0GAJRpuP40NAJDzeGR-CDWUnvKjyJXPg). Acesso em: 5 de jan. 2021.

LIN, H.; DING, C.; SATO, K.; TSUTAI, Y.; OHTAKI, H.; IGUCHI, M.; WADA, C.; HASHIDA, T. Preparation of SDC electrolyte thin films on dense and porous substrates by modified sol–gel route. **Materials Science and Engineering: B**, v. 148, n. 1, p. 73–76, 2008. DOI: 10.1016/j.mseb.2007.09.039. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921510707005429?casa\\_token=r30Nvs0BiSkAAAAA:Rma1PxDmmY9t3xGNV-T1\\_w\\_Y\\_fe2yfAVOKaqArCQRm\\_Si9yPEAqDc3YwtSwAbb9eRohD9AdYcdk](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921510707005429?casa_token=r30Nvs0BiSkAAAAA:Rma1PxDmmY9t3xGNV-T1_w_Y_fe2yfAVOKaqArCQRm_Si9yPEAqDc3YwtSwAbb9eRohD9AdYcdk). Acesso em: 5 de jan. 2021.

LIU, X.; LI, Y.; HAO, X. Ultra-high energy-storage density and fast discharge speed of (Pb<sub>0.98</sub>–xLa<sub>0.02</sub>Sr<sub>x</sub>) (Zr<sub>0.9</sub>Sn<sub>0.1</sub>)<sub>0.995</sub>O<sub>3</sub> antiferroelectric ceramics prepared via the tape-casting method. **Journal of Materials Chemistry A**, v. 7, n. 19, p. 11858–11866, 2019. DOI: 10.1039/C9TA02149C. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/ta/c9ta02149c/unauth#!divAbstract>. Acesso em: 5 de jan. 2021.

MISONO, T.; MURATA, K.; YIN, J.; FUKUI, T. Morphology Control of Ni–GDC Cermet Anode for Lower Temperature SOFC. *ECS Transactions*, v. 7, p. 1355, 2007. DOI: 10.1149/1.2729239/meta. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1.2729239/meta>. Acesso em: 5 de jan. 2021.

MYUNG, J. H.; KO, H. J.; LEE, J. J.; LEE, J. H.; HYUN, S. H. Synthesis and characterization of NiO/GDC–GDC dual nano-composite powders for high-performance methane fueled solid oxide fuel cells. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 15, p. 11351–11359, 2012. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2012.04.140. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319912010737?casa\\_token](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319912010737?casa_token)

=avzZ203wMucAAAAA:vjYyMifxwTLfXdW4jg0oEKbw1v2KOhKWfVUVOICL8ZN-qrbg3rbqbTOlrrApP37BGFmBGgAEfs. Acesso em: 5 de jan. 2021.

NEOFYTIDIS, C.; DRACOPOULOS, V.; NEOPHYTIDES, S. G.; NIAKOLAS, D. K. Electrocatalytic performance and carbon tolerance of ternary Au–Mo–Ni/GDC SOFC anodes under CH<sub>4</sub>-rich Internal Steam Reforming conditions. **Catalysis Today**, v. 310, p. 157–165, 2018. DOI: 10.1016/j.cattod.2017.06.028. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586117304698?casa\\_token=0hkFykAeP9cAAAAA:6PmrYr0oX9qf1zDtnKWAafXU3Pvf0WXT\\_Tv7D0d5oICC61YtQYTLpo\\_fggpCRmHQwhlXh\\_KhG64](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586117304698?casa_token=0hkFykAeP9cAAAAA:6PmrYr0oX9qf1zDtnKWAafXU3Pvf0WXT_Tv7D0d5oICC61YtQYTLpo_fggpCRmHQwhlXh_KhG64). Acesso em: 5 de jan. 2021.

NEOFYTIDIS, C.; IOANNIDOU, E.; SYGELLOU, L.; KOLLIA, M.; NIAKOLAS, D. K. Affecting the H<sub>2</sub>O electrolysis process in SOECs through modification of NiO/GDC; experimental case of Au–Mo–Ni synergy. **Journal of Catalysis**, v. 373, p. 260–275, 2019. DOI: 10.1016/j.jcat.2019.04.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021951719301551>. Acesso em: 5 de jan. 2021.

NIAKOLAS, D. K.; ATHANASIOU, M.; DRACOPOULOS, V.; TSIAOUSSIS, I.; BEBELIS, S.; NEOPHYTIDES, S. G. Study of the synergistic interaction between nickel, gold and molybdenum in novel modified NiO/GDC cermets, possible anode materials for CH<sub>4</sub> fueled SOFCs. **Applied Catalysis A: General**, v. 456, p. 223–232, 2013. DOI: 10.1016/j.apcata.2013.02.024. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926860X13001129?casa\\_token=nq8pnwGHdEkAAA:YZBfPNXOP9ff8msMryYUEvhedAxLnzaszcgca cCKSmfan-o-HOf6GSbF6MRMSdwwaToqEosQuFA](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926860X13001129?casa_token=nq8pnwGHdEkAAA:YZBfPNXOP9ff8msMryYUEvhedAxLnzaszcgca cCKSmfan-o-HOf6GSbF6MRMSdwwaToqEosQuFA). Acesso em: 5 de jan. 2021.

PRAKASH, B. S.; PAVITRA, R.; KUMAR, S. S.; ARUNA, S. T. Evaluation of solution combustion synthesized NiO/GDC ceramic powders for anode substrate and anode functional layers of intermediate temperature solid oxide fuel cell. **Ceramics International**, v. 43, n. 15, p. 12138–12144, 2017. DOI: 10.1016/j.ceramint.2017.06.071. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884217312853?casa\\_token=Wy6Cig6ONE4AAAAA:IFNFJhgSuLvbjTf9BPEJHSDO27dHsYTQfhmq9QFGcIR1zRGI779EuyZkqc5rQbEKoMjF00EHbr4](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884217312853?casa_token=Wy6Cig6ONE4AAAAA:IFNFJhgSuLvbjTf9BPEJHSDO27dHsYTQfhmq9QFGcIR1zRGI779EuyZkqc5rQbEKoMjF00EHbr4). Acesso em: 5 de jan. 2021.

RADENAHMAD, N.; AZAD, A. T.; SAGHIR, M.; TAWEEKUN, J.; BAKAR, M. S. A.; REZA, M. S.; AZAD, A. K. A review on biomass derived syngas for SOFC based combined heat and power application. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.

119, p. 109560, 2020. DOI: 10.1016/j.rser.2019.109560. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119307683?casa\\_token=SYO97tOoKiAAAAA:~iFo9RUUpkopfCXUsC3HFfgD9-u2XWWzjYf3\\_b0xYR9C20CE1TVXtXVmuk3B5ZCgONC--XDzOd5Q](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119307683?casa_token=SYO97tOoKiAAAAA:~iFo9RUUpkopfCXUsC3HFfgD9-u2XWWzjYf3_b0xYR9C20CE1TVXtXVmuk3B5ZCgONC--XDzOd5Q). Acesso em: 5 de jan. 2021.

REDDY, M. N.; RAO, P. V. B.; BHOGA, S. S.; BANSOD, M. Structural, mechanical and electrical properties of NiO-GDC20 composite anodes for low or intermediate temperature solid oxide fuel cells. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1495, p. 12020, 2020. DOI: 10.1088/1742-6596/1495/1/012020/meta. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1495/1/012020/meta>. Acesso em: 5 de jan. 2021.

SANDOVAL, M. V.; MATTA, A.; MATENCIO, T.; DOMINGUES, R. Z.; LUDWIG, G. A.; KORB, M. D. A.; MALFATTI, C. F.; GAUTHIER-MARADEI, P.; GAUTHIER, G. H. . Barium-modified NiO-YSZ/NiO-GDC cermet as new anode material for solid oxide fuel cells (SOFC). **Solid State Ionics**, v. 261, p. 36-44, 2014. DOI: 10.1016/j.ssi.2014.04.014. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167273814001763?casa\\_token=2RKwecgCJxcAAAAA:q3OnWD0lqSd4s-UbkFIDhRgfRZB8AAgVNYrj\\_Rt1OQGS6150U0JQJryq\\_aACdlPEJkoqZNLHDCxM](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167273814001763?casa_token=2RKwecgCJxcAAAAA:q3OnWD0lqSd4s-UbkFIDhRgfRZB8AAgVNYrj_Rt1OQGS6150U0JQJryq_aACdlPEJkoqZNLHDCxM). Acesso em: 5 de jan. 2021.

SKALAR, T.; ZUPAN, K.; MARINŠEK, M. Microstructure tailoring of combustion-derived Ni-GDC and Ni-SDC composites as anode materials for intermediate temperature solid oxide fuel cells. **Journal of the Australian Ceramic Society**, v. 55, n. 1, p. 123-133, 2019. DOI: 10.1007/s41779-018-0218-z. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41779-018-0218-z>. Acesso em: 5 de jan. 2021.

TIMURKUTLUK, B.; TIMURKUTLUK, C.; TOROS, S.; KAPLAN, Y. Influence of sintering support design on the properties of NiO-YSZ anode support micro-tubes. **Ceramics International**, v. 44, n. 5, p. 5587-5593, 2018. DOI: 10.1016/j.ceramint.2017.12.204. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884217329139?casa\\_token=SbaLvfls7uYAAAAA:Ruil6jzwlrx9qyDD6p9IJ8QDyV5jkmP9EOViYJ5i1gR\\_uPJFDPBsu6cP-MZ\\_DfV8EyUTE7qqMs0](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272884217329139?casa_token=SbaLvfls7uYAAAAA:Ruil6jzwlrx9qyDD6p9IJ8QDyV5jkmP9EOViYJ5i1gR_uPJFDPBsu6cP-MZ_DfV8EyUTE7qqMs0). Acesso em: 5 de jan. 2021.

UHLENBRUCK, S.; JORDAN, N.; SERRA, J. M.; BUCHKREMER, H. P.; STÖVER, D. Application of electrolyte layers for solid oxide fuel cells by electron beam evaporation. **Solid State Ionics**, v. 181, n. 8,

p. 447-452, 2010. DOI: 10.1016/j.ssi.2010.01.026. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167273810000391?casa\\_token=Exb-n1A\\_HeYAAAAA:mufjkavU4aBX3our42bhyP2kpuWPt-0GFhHXFOXYvK7ZPDcpw4JksNQ-B2htZIMZdA7nrOlu4ZU](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167273810000391?casa_token=Exb-n1A_HeYAAAAA:mufjkavU4aBX3our42bhyP2kpuWPt-0GFhHXFOXYvK7ZPDcpw4JksNQ-B2htZIMZdA7nrOlu4ZU). Acesso em: 5 de jan. 2021.

USUBA, J. B.; ARAÚJO, A. J.; GONÇALVES, E. D.; MACEDO, D. A.; SALVO, C.; VISWANATHAN, M. R. Flash sintering of one-step synthesized NiO-Ce0.9Gd0.1O1.95 (NiO-GDC) composite. **Materials Research Express**, v. 6, n. 12, p. 125535, 2020. DOI: 10.1088/2053-1591/ab4f97/meta. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2053-1591/ab4f97/meta>. Acesso em: 5 de jan. 2021.

WANDEKAR, R. V.; ALI, M.; WANI, B. N.; BHARADWAJ, S. R. Physicochemical studies of NiO-GDC composites. **Materials Chemistry and Physics**, v. 99, n. 2, p. 289-294, 2006. DOI: 10.1016/j.matchemphys.2005.10.025. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254058405007753?casa\\_token=vDbgsDdrlwAAAAA:5lPwllk-p07GuQcFt5SrGjMe5aEIz7VeiiT-BeWxD5YQu7pjMVik8tL2VMONawHM-NvXF7W9OeM](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254058405007753?casa_token=vDbgsDdrlwAAAAA:5lPwllk-p07GuQcFt5SrGjMe5aEIz7VeiiT-BeWxD5YQu7pjMVik8tL2VMONawHM-NvXF7W9OeM). Acesso em: 5 de jan. 2021.

ZHANG, J.N.; LI, Q.; WANG, Y.; ZHENG, J.; YU, X.; LI, H. Dynamic evolution of cathode electrolyte interphase (CEI) on high voltage LiCoO<sub>2</sub> cathode and its interaction with Li anode. **Energy Storage Materials**, v. 14, p. 1-7, 2018. DOI: 10.1016/j.ensm.2018.02.016. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405829717307055?casa\\_token=XQCp7Zk9ZwMAAAAA:JSCICPCAnuB8Uxgi2hxGd5jh3Ntfb5lW7f4aeN5dFky0qjZ\\_UGCcssDG6h3ypQupiDm3o\\_lY3SeA](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405829717307055?casa_token=XQCp7Zk9ZwMAAAAA:JSCICPCAnuB8Uxgi2hxGd5jh3Ntfb5lW7f4aeN5dFky0qjZ_UGCcssDG6h3ypQupiDm3o_lY3SeA). Acesso em: 5 de jan. 2021.