

CIRCULAR TÉCNICA

286

Sete Lagoas, MG
Outubro, 2023

Tolerância ao alumínio conferida por genes *MATE* garante estabilidade de produção em híbridos de sorgo e de milho sob deficiência hídrica

Claudia Teixeira Guimarães
Jurandir Vieira de Magalhães
Camilo de Lélis Teixeira de Andrade
Cícero Beserra de Menezes
Lauro José Moreira Guimarães
Paulo César Magalhães
Antônio Carlos de Oliveira
Mayron Martins



Tolerância ao alumínio conferida por genes *MATE* garante estabilidade de produção em híbridos de sorgo e de milho sob deficiência hídrica¹

Introdução

O estresse hídrico decorrente de períodos de seca é o fator abiótico responsável pelas maiores perdas agrícolas no mundo (Edmeades, 2008). As mudanças climáticas têm agravado os efeitos do estresse hídrico, culminando em oscilações na produção de grãos, principalmente aqueles cultivados sob sequeiro. Grande parte da produção de milho e de sorgo no Brasil ocorre na região do Cerrado, onde prevalecem solos ácidos, com íons Al^{3+} livres na solução do solo. Os efeitos fitotóxicos desse elemento limitam o crescimento e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (Kochian et al., 2015). Embora a toxidez por alumínio (Al) seja minimizada pela correção da acidez do solo por meio da aplicação de calcário, tal prática agrícola é mais efetiva nas camadas superficiais do solo, deixando as camadas mais profundas com Al tóxico. Com isso, as raízes das plantas sensíveis ao Al tornam-se incapazes de explorar as camadas mais profundas do solo, restringindo a absorção de

¹ Claudia Teixeira Guimarães, engenheira-agrônoma, doutora em Genética e Melhoramento, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG; Jurandir Vieira de Magalhães, engenheiro-agrônomo, doutor em Field Crop Science (Concentração: Plant Genetics), pesquisador da Embrapa Milho Sorgo, Sete Lagoas, MG; Camilo de Lélis Teixeira de Andrade, engenheiro agrícola, doutor em Engenharia de Irrigação, pesquisador da Embrapa Milho Sorgo, Sete Lagoas, MG; Cícero Beserra de Menezes, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Fitotecnia), pesquisador da Embrapa Milho Sorgo, Sete Lagoas, MG; Lauro José Moreira Guimarães, engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, pesquisador da Embrapa Milho Sorgo, Sete Lagoas, MG; Paulo César Magalhães, engenheiro-agrônomo, doutor em Field Crop Physiology, pesquisador da Embrapa Milho Sorgo, Sete Lagoas, MG; Antônio Carlos de Oliveira, engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Estatística e Experimentação Agronômica), pesquisador da Embrapa Milho Sorgo, Sete Lagoas, MG; Mayron Martins, bolsista de pós-doutorado na Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), em conjunto com a Embrapa Milho Sorgo, Sete Lagoas, MG.

nutrientes e de água, e aumentando a suscetibilidade aos déficits hídricos, decorrentes das instabilidades no regime de chuvas.

A produção de milho na segunda safra responde por 77% do total produzido no País em 2022/2023, época em que o sorgo também é cultivado (Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, 2023). A dificuldade de se corrigir a acidez do solo em profundidade pode comprometer a produtividade das culturas na segunda safra, que é estabelecida predominantemente em regime de sequeiro, estando sujeita às oscilações das condições climáticas.

Genes da família (*MATE multidrug and toxic compound extrusion*) cujos alelos favoráveis são raros, conferem tolerância ao Al em sorgo (Magalhães et al., 2007) e em milho (Maron et al., 2010). Esses genes codificam transportadores de citrato, que são ativados por Al no ápice radicular. O citrato quelata os íons Al^{3+} na rizosfera, protegendo as raízes do efeito tóxico do Al (Kochian et al., 2015). Os alelos favoráveis desses genes foram introgrididos em linhagens-élites de sorgo e de milho, que foram subsequentemente cruzadas, gerando conjuntos de híbridos isogênicos sem esses alelos, e com alelos favoráveis em heterozigose ou em homozigose. Ensaios de campo conduzidos em um solo ácido com toxidez de Al indicaram que os alelos favoráveis dos genes *SbMATE* e *ZmMATE1* conferiram maior estabilidade de produção de grãos em híbridos experimentais de sorgo (Carvalho Jr. et al., 2016) e de milho (Vasconcellos et al., 2021), respectivamente. No presente trabalho, descreveremos o efeito dos genes *MATEs* sob diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo em condições contrastantes de alumínio tóxico no solo.

Metodologia

Os experimentos foram implantados em 2021 e 2022, entre os meses de abril e setembro, para evitar o período chuvoso na fase de florescimento e pós-florescimento, em Sete Lagoas, MG. Os materiais genéticos utilizados foram cinco conjuntos de híbridos simples isogênicos de milho e dois de sorgo, com zero, um e dois alelos favoráveis dos genes *MATE* de cada espécie. No entanto, apenas três híbridos de milho foram obtidos contendo o alelo favorável em homozigose do gene *ZmMATE1*.

A área experimental foi dividida em: a) solo corrigido com 2% de saturação de Al na camada superficial de 0 m a 0,20 m e 15% de 0,20 m a 0,40 m; e b) solo ácido não corrigido, com 56% e 65% de saturação de Al nas camadas 0 m a 0,20 m e 0,20 m a 0,40 m, respectivamente. A disponibilidade hídrica no solo em 2021 foi distribuída por meio de sistema de irrigação por aspersão do tipo *line-source* (Mendonça et al., 1999), sendo utilizadas três lâminas de irrigação para milho e quatro para sorgo. Nas análises, a lâmina mais próxima ao aspersor foi considerada como disponibilidade hídrica-controle e as demais foram consideradas como estresse hídrico. Já em 2022, apenas duas disponibilidades hídricas foram aplicadas, sendo uma com irrigação plena (controle) e outra como estresse hídrico na fase de pós-florescimento. Os experimentos foram delineados em blocos casualizados com três repetições em 2021 e quatro repetições em 2022. Cada parcela foi constituída por duas linhas de 4 m de comprimento, espaçadas por 0,70 m. Os ambientes foram classificados como: a) controle, cultivo sob solo corrigido e irrigação plena; b) estresse por Al, sob solo ácido não corrigido e irrigação plena; c) estresse hídrico, sob solo corrigido e diferentes níveis de déficit hídrico; e d) estresses por Al e déficit hídrico, sob solo ácido não corrigido e diferentes níveis de déficit hídrico.

Os dados apresentados foram as médias de dois anos e em cada uma das quatro condições citadas acima. As diferenças foram consideradas significativas quando se apresentaram superiores ao desvio padrão.

Efeito diferencial da toxidez por alumínio e deficiência hídrica em milho e sorgo

Na média de todos os experimentos, considerando os diferentes ambientes de cultivo, a deficiência hídrica no pós-florescimento em milho causou maior perda na produtividade dos híbridos do que a toxidez de Al, enquanto a combinação dos dois estresses potencializou a redução na produção de grãos (Tabela 1). No sorgo, a produção de grãos não foi prejudicada pelo estresse hídrico em solo corrigido, mas perdas significativas foram observadas em solo com alta saturação por Al. As perdas de produção foram potencializadas quando o déficit hídrico ocorreu em solo ácido, atingindo 46% nos híbridos sem o alelo favorável do *SbMATE* (Tabela 2). Esses dados revelam que, nas

condições experimentais, o milho foi mais tolerante ao Al e o sorgo foi mais tolerante ao déficit hídrico.

Tabela 1. Produtividade média de cinco conjuntos de híbridos isogênicos de milho, sem (0) e com diferentes doses (1: heterozigose e 2: homozigose) do alelo favorável do gene *ZmMATE1* (MATE), cultivados sob diferentes combinações de estresses decorrentes da toxidez por Al e da deficiência hídrica, em dois anos. A perda de produtividade foi calculada pela diferença entre os valores obtidos na condição-controle e sob estresse dividida pelo valor obtido na condição-controle para cada dose do *ZmMATE1*.

Estresse		MATE	Produtividade (kg/ha)	Desvio-padrão	Perda de produtividade (%)
Al	Hídrico				
Controle	Controle	0	6.225,0	2.368,8	
		1	7.012,7	2.357,7	
		2	6.846,0	2.199,5	
Estresse Al	Controle	0	4.997,9	2.118,3	20,0
		1	5.668,3	2.625,6	19,2
		2	5.306,7	1.992,5	22,5
Controle	Estresse hídrico	0	4.292,6	1.531,0	31,0
		1	5.192,1	1.449,9	26,0
		2	5.565,3	1.690,1	19,0
Estresse Al	Estresse hídrico	0	3.386,6	1.334,5	45,6
		1	4.196,3	1.342,4	40,2
		2	4.568,9	1.921,5	33,3

Tabela 2. Produtividade média de dois conjuntos de híbridos isogênicos de sorgo sem (0) e com (1) o alelo favorável do gene *SbMATE1* (MATE), cultivados sob diferentes combinações de estresses decorrentes da toxidez por Al e da deficiência hídrica, em dois anos. A perda de produtividade foi calculada pela diferença entre os valores obtidos na condição-controle e sob estresse dividido pelo valor obtido na condição-controle para cada dose do *SbMATE1*.

Estresse		Doses do MATE	Produtividade (kg/ha)	Desvio-padrão	Perda de produtividade (%)*
Al	Hídrico				
Controle	Controle	0	4.921,0	780,9	
		1	4.349,9	679,0	
Estresse Al	Controle	0	2.824,9	418,4	42,6
		1	2.853,6	850,8	34,4
Controle	Estresse hídrico	0	4.983,5	797,8	0 (+1,3)
		1	5.034,5	499,4	0 (+15,7)
Estresse Al	Estresse hídrico	0	2.678,5	328,1	45,6
		1	3.897,4	914,7	10,4

O sinal positivo indica um ganho de produção em comparação com a condição-controle.

Efeito dos genes *MATE* no aumento da estabilidade de produção em milho e em sorgo

Quando as perdas de produtividade foram decompostas em relação aos alelos favoráveis dos genes *MATE*, em ambas as espécies, a presença desses alelos reduziu, de uma forma geral, as perdas de produtividade em comparação com a ausência do alelo (Tabelas 1 e 2). O efeito positivo dos genes em solo corrigido até 0,40 m de profundidade sugere a existência de níveis tóxicos de Al no subsolo, limitando o aprofundamento do sistema radicular. O *SbMATE* reduziu significativamente as perdas de produtividade dos híbridos de sorgo sob as diferentes combinações de estresses. No milho, as reduções nas perdas causadas pelo gene *ZmMATE1*, apesar de consistentes, principalmente sob estresse hídrico, não foram significativas na média de todos os híbridos. Os resultados podem ser parcialmente explicados, uma vez que o gene *SbMATE* controla cerca de 80% da tolerância ao Al em sorgo (Magalhães et al., 2007), enquanto, no milho, o gene *ZmMATE1* controla de 20% a 30% da característica (Maron et al., 2010; Guimarães et al., 2014). A tolerância basal ao Al naturalmente maior em milho também pode ter contribuído para a ausência de diferenças significativas na produtividade, em função dos alelos *ZmMATE1*, na média dos cinco conjuntos de híbridos isogênicos. Em outro conjunto de híbridos de milho, a presença do alelo favorável do gene *ZmMATE1* reduziu significativamente as perdas de produtividade em solo ácido ou sob estresse hídrico (~20%) e na combinação dos dois estresses (48%) (Vasconcellos et al., 2021), confirmando o potencial do gene *ZmMATE1* em conferir ganhos de produtividade em condições de campo.

Como os híbridos de milho apresentaram uma resposta diferencial em função das dosagens do *ZmMATE1* e das condições experimentais, os resultados de dois híbridos comerciais da Embrapa foram apresentados (Tabela 3). Os híbridos BRS 1060 e BRS 1001 com o alelo favorável do *ZmMATE1* apresentaram maior estabilidade na média de produção de dois anos, em todas as combinações de estresses e na condição-controle. Os ganhos de produtividade variaram de 10% a 42% em relação aos respectivos híbridos originais (Tabela 3) e foram compatíveis com a literatura (Vasconcellos et al., 2021), enfatizando o efeito positivo do *ZmMATE1* na produção de grãos.

Tabela 3. Produtividade de dois conjuntos de híbridos isogênicos de milho da Embrapa, BRS 1060 e BRS 1001, sem (0) e com (1) o alelo favorável do gene *ZmMATE1* (MATE), cultivados sob diferentes combinações de estresses de toxidez por Al e de deficiência hídrica em dois anos. O ganho (%) foi calculado pela diferença entre a produtividade do híbrido com o alelo e a produtividade do híbrido sem o alelo favorável do *ZmMATE1* divididas pela produtividade do híbrido sem o alelo, em cada condição experimental.

Estresse		MATE	BRS 1060		BRS 1001	
Al	Hídrico		Produtividade (kg/ha)	Ganho (%)	Produtividade (kg/ha)	Ganho (%)
Controle	Controle	0	4.005,5		6.422,8	
		1	5.691,1	42,1	7.032,8	9,5
Estresse Al	Controle	0	3.366,3		4.978,8	
		1	3.893,2	15,7	5.636,0	13,2
Controle	Estresse hídrico	0	2.944,7		4.485,5	
		1	3.921,6	33,2	5.805,5	29,4
Estresse Al	Estresse hídrico	0	3.413,1		3.521,0	
		1	3.832,7	12,3	4.599,4	30,6

Os híbridos de sorgo derivados do cruzamento da linhagem BR012 com as ATF13B e 14B também merecem destaque, uma vez que a versão introgridida com o *SbMATE* apresentou alta estabilidade de produção sob déficit hídrico em solo ácido e corrigido. Os ganhos de produtividade significativos sob estresse hídrico variaram de 46% a 76%, sem perdas significativas na condição-controle (Tabela 4). O ganho médio de produtividade obtido pela presença do alelo favorável do *SbMATE* foi de 650 kg/ha, compatível com o valor de substituição alélica de 500 kg/ha obtido por Carvalho Jr. et al. (2016). Novamente, o efeito do gene *SbMATE* no aumento da produtividade de híbridos foi expressivo, particularmente sob condições de estresse hídrico e estresse de Al, provavelmente por causa do maior crescimento radicular e da absorção de água em camadas mais profundas do solo.

Tabela 4. Produtividade dos híbridos isogênicos de sorgo derivados do cruzamento da linhagem BR012 com as ATF13 e 14B, sem (0) e com (1) o alelo favorável do gene *SbMATE* (MATE), cultivados sob diferentes combinações de estresses de toxidez por Al e de deficiência hídrica em dois anos. O ganho (%) foi calculado pela diferença entre a produtividade do híbrido com o alelo e a produtividade do híbrido sem o alelo favorável do *SbMATE* dividida pela produtividade do híbrido sem o alelo, em cada condição experimental.

Estresse		MATE	Produtividade (kg/ha)	Desvio-padrão	Ganho (%)*
Al	Hídrico				
Controle	Controle	0	4.539,25	633,18	
		1	4.382,91	513,55	-3,4
Estresse Al	Controle	0	4.868,64	676,23	
		1	5.106,78	278,19	4,9
Controle	Estresse hídrico	0	2.126,54	576,48	
		1	3.099,76	744,68	45,8
Estresse Al	Estresse hídrico	0	2.039,24	576,48	
		1	3.584,82	633,18	75,8

Sinal negativo indica uma perda de produção em comparação com o híbrido original.

Os híbridos de milho introgridos com o gene *ZmMATE1* apresentaram ganhos de produtividade expressivos (29% e 33%) sob estresse hídrico em solo corrigido, quando comparados aos híbridos originais (Tabela 3), enquanto o híbrido de sorgo com o *SbMATE* obteve um ganho de produção médio de 46% nessa condição (Tabela 4). Considerando apenas os dois estresses abióticos avaliados no presente trabalho, essa condição experimental pode simular o ambiente de cultivo de milho e de sorgo na segunda safra, que ocupa predominantemente regiões de solos ácidos, ocasionalmente já corrigidos na camada superficial, mas não no subsolo, com distribuição irregular de chuvas e alta probabilidade de seca na fase de pós-florescimento. As áreas de pastagem degradada também ocorrem na região do Cerrado, mas com solos sem correção de pH adequada, que, estando também sujeitas à sazonalidade hídrica, impõem às culturas o duplo estresse por Al e hídrico. Assim, as

condições experimentais com a imposição de diferentes combinações de saturação por Al e de disponibilidade hídrica emulam as condições de cultivo, para ambas as gramíneas, oferecendo subsídios técnicos para a recuperação de pastagens degradadas.

Os genes *SbMATE* e *ZmMATE1* são homólogos e conferem aumento na tolerância ao Al por meio da exsudação de citrato no ápice radicular em sorgo (Magalhães et al., 2007) e em milho (Maron et al., 2010), respectivamente. Como a correção da acidez do solo é mais difícil nas camadas mais profundas, é provável que, mesmo em solos com pH corrigido, as camadas subsuperficiais mantenham toxidez por Al, impedindo que as raízes de cultivares sensíveis se aprofundem. Assim, as raízes dos genótipos contendo os alelos favoráveis dos genes *MATE* teriam maior capacidade de explorar tais camadas, aumentando a absorção particularmente de água presente em camadas mais profundas do solo. Tais condições justificariam o efeito pleiotrópico positivo dos genes *MATE* sob estresse hídrico, contribuindo para a estabilidade de produção sob limitação da disponibilidade hídrica ao longo do ciclo das culturas.

É possível concluir que os alelos favoráveis dos genes *MATE* contribuem para a redução das perdas de produção sob deficiência hídrica e alta saturação por Al, sem perdas significativas em condições ótimas de cultivo, culminando no aumento da estabilidade de produção e da produtividade em milho e em sorgo cultivados em solos ácidos. Programas de melhoramento dessas espécies devem considerar a introgressão assistida desses alelos como uma estratégia para o desenvolvimento de híbridos mais resilientes para cultivos em solos ácidos, particularmente considerando o cenário de mudanças climáticas, em que eventos extremos como a seca serão cada vez mais frequentes.

Considerações finais

Os alelos favoráveis dos genes *SbMATE* e *ZmMATE1*, que conferem tolerância ao Al, aumentaram a estabilidade de produção e a produtividade de sorgo e de milho, respectivamente, sob diferentes condições de estresses, sem perdas significativas em condições ótimas de cultivo.

A introgressão assistida desses alelos em programas de melhoramento de milho e de sorgo apresenta grande potencial para o desenvolvimento de híbridos mais adaptados e resilientes aos estresses impostos pelos solos ácidos e pelas mudanças climáticas.

Os híbridos de milho são mais tolerantes ao Al tóxico no solo e os híbridos de sorgo são mais tolerantes ao déficit hídrico, sendo que as perdas de produção são mais acentuadas quando os dois estresses abióticos ocorrem conjuntamente, para ambas as espécies.

Híbridos de milho e de sorgo introgrididos com os alelos favoráveis dos genes *MATE* podem ser boas opções para cultivo na segunda safra e em áreas de pastagem degradada.

Referências

ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Grãos, v. 10, safra 2022/23, julho 2023: décimo primeiro levantamento. Brasília, DF: Conab, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 23 ago. 2023.

CARVALHO JR., G.; SCHAFFERT, R. E.; MALOSETTI, M.; VIANA, J. H. M.; MENEZES, C. B.; SILVA, L. A.; GUIMARÃES, C. T.; COELHO, A. M.; KOCHIAN, L. V.; EEUWIJK, F. A. van; MAGALHÃES, J. V. Back to acid soil fields: the citrate transporter SbMATE is a major asset for sustainable grain yield for sorghum cultivated on acid soils. **G3 Genes, Genomes, Genetics**, v. 6, n. 2, p. 475-484, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1534/g3.115.025791>.

EDMEADES, G. O. Drought tolerance in maize: an emerging reality: a feature. In: JAMES, C. (ed.). **Global status of commercialized Biotech/GM crops**. Ithaca: ISAAA, 2008. p. 195-217. (ISAAA Brief, n. 39).

GUIMARÃES, C. T.; SIMÕES, C. C.; PASTINA, M. M.; MARON, L. G.; MAGALHÃES, J. V.; VASCONCELLOS, R. C. C.; GUIMARÃES, L. J. M.; LANA, U. G. de P.; TINOCO, C. F. S.; NODA, R. W.; BELICUAS, S. N. J.; KOCHIAN, L. V.; ALVES, V. M. C.; PARENTONI, S. N. Genetic dissection of Al tolerance QTLs in the maize genome by high density SNP scan. **BMC Genomics**, v. 15, n. 153, p. 1-14, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-153>.

KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M. A.; LIU, J.; MAGALHÃES, J. V. Plant adaptation to acid soils: the molecular basis for crop aluminum resistance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 66, p. 571-598, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043014-114822>.

MAGALHÃES, J. V. de; LIU, J.; GUIMARÃES, C. T.; LANA, U. G. de P.; ALVES, V. M. C.; WANG, Y.-H.; SCHAFFERT, R. E.; HOEKENGA, O. A.; PINEROS, M. A.; SHAFF, J. E.; KLEIN, P. E.; CARNEIRO, N. P.; COELHO, C. M.; TRICK, H. N.; KOCHIAN, L. V. A gene in the multidrug and toxic compound extrusion (MATE) family confers aluminum tolerance in sorghum. **Nature Genetics**, v. 39, n. 9, p. 1156-1161, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1038/ng2074>.

MARON, L. G.; PIÑEROS, M. A.; GUIMARÃES, C. T.; MAGALHÃES, J. V.; PLEIMAN, J. K.; MAO, C.; SHAFF, J.; BELICUAS, S. N.; KOCHIAN, L. V. Two functionally distinct members of the MATE (multidrug and toxic compound extrusion) family of transporters potentially underlie two major Al tolerance QTL in maize. **Plant Journal**, v. 61, n. 5, p. 728-740, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-313x.2009.04103.x>.

MENDONÇA, F. C.; MEDEIROS, R. D.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Adubação nitrogenada do milho em um sistema de irrigação por aspersão em linha. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1035-1044, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000500004>.

VASCONCELLOS, R. C. C.; MENDES, F. F.; OLIVEIRA, A. C. de; GUIMARÃES, L. J. M.; ALBUQUERQUE, P. E. P. de; PINTO, M. de O.; BARROS, B. de A.; PASTINA, M. M.; MAGALHÃES, J. V. de; GUIMARÃES, C. T. *ZmMATE1* improves grain yield and yield stability in maize cultivated on acid soil. **Crop Science**, v. 61, n. 5, p. 3497-3506, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.20575>.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Embrapa



Comitê Local de Publicações
da Embrapa Milho e Sorgo

Presidente

Maria Marta Pastina

Secretária-Executiva

Elena Charlotte Landau

Membros

Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e
Maria Cristina Dias Paes

Revisão de texto

Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica

Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações

Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Arte da capa

Daniel Bini

Fotos da capa

Claudia Teixeira Guimarães

CGPE 18265