

ESTE DOCUMENTO FOI ELABORADO PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (UNB)

**TERMINOLOGIA, SIMBOLOGIA E UNIDADES
EM GEOTECNIA**

1 - INTRODUÇÃO

Este documento visa listar as principais grandezas físicas com os respectivos símbolos e unidades normalmente utilizados em Geotecnia. As Associações Internacionais de Geotecnia, desde o V ISSMFE (Paris, 1961), vem insistindo na adoção do Sistema Internacional de Unidades (SI), tendendo a uma internacionalização, a qual é necessária para um melhor aproveitamento e facilidade na leitura dos trabalhos científicos.

As unidades do SI são geralmente representadas por letras minúsculas, mas quando a unidade for um nome próprio, sua representação começa por uma letra maiúscula.

2 - UNIDADES DE BASE

GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	Ampere	A
temperatura	Kelvin	K
intensidade luminosa	candela	cd
quantidade de matéria	mol	mol

A temperatura pode ser também expressa em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), onde esta é igual a temperatura em Kelvin menos 273,15. A massa pode ser expressa em toneladas (t) bem como o tempo em minutos (min), horas (h) ou dias (d).

3 - UNIDADES COMPLEMENTARES

GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO
ângulo plano	radiano	rad
ângulo sólido	esterradiano	sr

Os ângulos planos podem ser também expressos em graus ($^{\circ}$), minutos ($'$) e segundos ($''$).

4 - UNIDADES DERIVADAS

As unidades derivadas são aquelas deduzidas direta ou indiretamente das unidades de base ou complementares. As grandezas mais utilizadas são:

GRANDEZA	UNIDADE	SÍMBOLO
aceleração	metro/segundo quadrado	m/s^2
área	metro quadrado	m^2
força	Newton	N
frequência	Hertz	Hz
massa específica	quilograma/metro cúbico	kg/m^3
momento ou torque	Newton.metro	N.m
peso específico	Newton/metro cúbico	N/m^3
potência	Watt	W
pressão	Pascal	Pa
trabalho	Joule	J
tensão	Pascal	Pa
tensão superficial	Newton/metro	N/m
vazão	metro cúbico/segundo	m^3/s
velocidade	metro/segundo	m/s
velocidade angular	radiano/segundo	rad/s
viscosidade	Pascal.segundo	Pa.s
voltagem	Volts	V
volume	metro cúbico	m^3

5 - MÚLTIPLOS E SUBMÚLTIPLOS

Prefixos podem ser utilizados para indicar os múltiplos e submúltiplos decimais das unidades de base, complementares e derivadas, conforme a tabela abaixo:

PREFIXO	FATOR MULTIPLICADOR	SÍMBOLO
exa	10^{18}	E
peta	10^{15}	P
tera	10^{12}	T
giga	10^9	G
mega	10^6	M
quilo	10^3	k
hecto	10^2	h
deca	10^1	da
deci	10^{-1}	d
centi	10^{-2}	c
mili	10^{-3}	m
micro	10^{-6}	μ
nano	10^{-9}	n
pico	10^{-12}	p
femto	10^{-15}	f
atto	10^{-18}	a

Notar que todos os prefixos maiores que quilo são representados por letras maiúsculas. Sempre que possível, deve-se dar preferência para os prefixos múltiplos de 1000.

6 - TERMINOLOGIA, SIMBOLOGIA E UNIDADES EM GEOTECNIA

São apresentadas abaixo as grandezas mais usuais em Geotecnia, com os respectivos símbolos e as unidades normalmente utilizadas (SI). Algumas grandezas podem ser representadas por mais de um símbolo, neste caso aquele que aparece primeiro é o mais adequado. Aquelas grandezas que não constam desta lista, devem ser representadas conforme a literatura específica das associações internacionais como por exemplo mecânica dos solos (ISSMFE), mecânica das rochas (ISRM), geologia de engenharia (IAEG), barragens (ICOLD), obras subterrâneas (ITA), geossintéticos (IGS), dentre outras.

Para todos os símbolos, valem as seguintes notações:

- apóstrofe (') indica valor efetivo
- barra sobre um símbolo ($\bar{\quad}$) indica valor médio
- ponto sobre um símbolo indica derivada em relação ao tempo
- as letras δ e Δ antes de um símbolo indicam variação ou incremento.

O numeral 1 na coluna de unidade, significa que a grandeza é adimensional.

6.1 - GERAL

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Comprimento	L, l	m
Largura	B, b	m
Altura	H, h	m
Espessura	H, h, d	m
Profundidade	D, z	m
Diâmetro	d, D, ϕ	m
Raio	r, a	m
Área	A	m ²
Volume	V	m ³
Volume de fluidos	v	l
Massa	m	kg
Massa específica	ρ	kg/m ³
Força	F	kN
Peso	W	kN
Peso específico	γ	kN/m ³
Pressão	p, P	kPa
Tensão	σ	kPa
Energia	E	J
Trabalho	W	J
Quantidade de calor	Q	J
Taxa de transferência de calor	q	W
Potência	P	W
Momento	M	kN.m
Torque	T	kN.m
Tempo	t	s, min, h, d

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Temperatura	T	K, °C
Velocidade	v	m/s
Aceleração	a	m/s ²
Aceleração da gravidade	g	m/s ²
Fator de segurança	F	1

A aceleração da gravidade padrão, no nível do mar, é 9,80665 m/s².

6.2 - PRESSÃO, TENSÃO E DEFORMAÇÃO

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Poropressão	u	kPa
Poropressão da água	u _w	kPa
Poropressão do ar	u _a	kPa
Tensão normal total	σ	kPa
Tensão normal efetiva	σ'	kPa
Tensões principais	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	kPa
Tensões normais em coord. retangulares	$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	kPa
Tensões normais em coord. polares	σ_r, σ_θ	kPa
Tensão axial	σ_a	kPa
Tensão confinante	σ_c	kPa
Tensão normal octaédrica	σ_{oct}	kPa
Tensão cisalhante	τ	kPa
Tensão cisalhante octaédrica	τ_{oct}	kPa
Tensão superficial	σ_s	kN/m
Pressão	p, P	kPa
Pressão interna	p _i	kPa
Pressão externa	p _o	kPa
Componentes do deslocamento	u, v, w	m
Deformação linear	ϵ	1, %
Deformação cisalhante	γ	1, %
Deformações principais	$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$	1, %
Deformações em coord. retangulares	$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$	1, %
Deformações em coord. polares	$\epsilon_r, \epsilon_\theta$	1, %
Deformação axial	ϵ_a	1, %

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Deformação volumétrica	ϵ_v	1, %
Coefficiente de atrito	μ	1
Coefficiente de Poisson	ν	1
Coefficiente de viscosidade	η	kPa.s
Módulo de elasticidade	E	kPa
Módulo de elasticidade transversal	G	kPa
Módulo de compressibilidade volumétrica	K	kPa

6.3 - ÍNDICES FÍSICOS

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Massa específica	ρ	kg/m ³
Massa específica seca	ρ_d	kg/m ³
Massa específica saturada	ρ_{sat}	kg/m ³
Massa específica submersa	ρ'	kg/m ³
Massa específica dos sólidos	ρ_s	kg/m ³
Massa específica da água	ρ_w	kg/m ³
Massa específica do ar	ρ_a	kg/m ³
Peso específico	γ	kN/m ³
Peso específico seco	γ_d	kN/m ³
Peso específico solo saturado	γ_{sat}	kN/m ³
Peso específico submerso	γ'	kN/m ³
Peso específico dos sólidos	γ_s	kN/m ³
Peso específico da água	γ_w	kN/m ³
Peso específico do ar	γ_a	kN/m ³
Densidade relativa (dos sólidos)	D_R	1
Índice de densidade (relativa)	I_D	1
Índice de vazios	e	1
Índice de vazios inicial	e_o	1
Índice de vazios crítico	e_c	1
Porosidade	n	%
Teor de umidade	w	%
Grau de saturação	S_r	%

O termo "gravidade específica" (G_s) foi sido substituído por densidade relativa (D_R), e o que era definido como densidade relativa passa a ser "índice de densidade" (I_D).

6.4 - CONSISTÊNCIA E COMPACIDADE

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Limite de liquidez	w_L	%
Limite de plasticidade	w_p	%
Limite de contração	w_s	%
Índice de plasticidade	I_p	%
Índice de liquidez	I_L	1
Índice de consistência	I_C	1
Índice de vazios máximo	e_{max}	1
Índice de vazios mínimo	e_{min}	1
Índice de densidade	I_D	1, %
Índice de durabilidade à imersão (slake)	I_d	%

O termo "densidade relativa" (D_R) foi substituído por "índice de densidade" (I_D) e densidade relativa passa a definir gravidade específica.

6.5 - GRANULOMETRIA

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Diâmetro dos grãos	d, D	mm
Diâmetro de n% passando	d_n, D_n	mm
Diâmetro efetivo	D_e, D_{50}	mm
Coefficiente de não-uniformidade	C_U	1
Coefficiente de curvatura	C_C	1

6.6 - PROPRIEDADES HIDRÁULICAS

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Vazão	Q, q	$m^3/s, l/s$
Velocidade de descarga	v	m/s
Velocidade de percolação	v_n	m/s
Gradiente hidráulico	i	1

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Gradiente hidráulico crítico	i_c	1
Coefficiente de permeabilidade	k	m/s
Coefficiente de permeabilidade a 20 °C	k_{20}	m/s
Coefficiente de permeabilidade vertical	k_v	m/s
Coefficiente de permeabilidade horizontal	k_h	m/s
Carga hidráulica	h	m
Carga piezométrica	h_p	m
Carga altimétrica	z	m
Força de percolação (por volume)	j	kN/m ³
Número de canais de fluxo	n_f	1
Número de equipotenciais	n_q	1

6.7 - ENSAIOS IN-SITU E AMOSTRAGEM

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Índice de área de um amostrador	C_a	%
Relação de folga interna	C_i	%
Relação de folga externa	C_o	%
Porcentagem de recuperação	R	%
Profundidade do nível d'água	NA	m
Resistência de ponta estática	q_c	kPa
Resistência de ponta dinâmica	q_d	kPa
Resistência lateral	f_s	kPa
Resistência dinâmica	r_d	kPa
Número de golpes SPT	N	1
Número de golpes para o cone dinâmico	N_{dc}	1
Número de golpes para 0,2 m	N_d	1
Número de meia-voltas para 0,2 m	N_{ht}	1
Pressão limite do pressiômetro	P_l	kPa
Módulo pressiométrico	E_M	kPa

6.8 - ADENSAMENTO

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Coefficiente de compressibilidade	m_v	kPa ⁻¹

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Coefficiente compressibilidade vertical	a_v	kPa ⁻¹
Índice de compressão	C_c	1
Índice de expansão	C_s	1
Taxa de adensamento secundário	C_{α}	1
Coefficiente de adensamento vertical	c_v	m ² /s
Coefficiente de adensamento horizontal	c_h	m ² /s
Módulo edométrico	E_{ed}, D	kPa
Distância de drenagem	d, H	m
Fator tempo	T_v	1
Grau de adensamento	U	%
Tensão de pré-adensamento	σ'_p	kPa
Tensão efetiva de cobrimento	σ'_{vo}	kPa
Recalque	ρ	mm
Recalque diferencial	δ	mm

6.9 - RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Resistência ao cisalhamento de pico	τ_f	kPa
Resistência ao cisalhamento residual	τ_R	kPa
Resistência ao cisalhamento remoldada	τ_r	kPa
Resistência à compressão simples	σ_c	kPa
Resistência à tração	σ_t	kPa
Coesão	c	kPa
Coesão efetiva	c'	kPa
Resistência não-drenada	S_u	kPa
Coesão remoldada	c_r	kPa
Coesão residual	c'_R	kPa
Ângulo de atrito	ϕ	°
Ângulo de atrito efetivo	ϕ'	°
Ângulo de atrito residual	ϕ'_R	°
Sensibilidade	S_t	1
Índice de resistência à carga puntiforme	I_s	1

6.10 - EMPUXOS DE TERRA

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Empuxo de terra	E	kN/m
Empuxo ativo	E_a	kN/m
Empuxo em repouso	E_o	kN/m
Empuxo passivo	E_p	kN/m
Coefficiente de empuxo ativo	K_a	1
Coefficiente de empuxo em repouso	K_o	1
Coefficiente de empuxo passivo	K_p	1
Ângulo de atrito solo-muro	δ	°
Aderência solo-muro	a	kPa
Relação entre tensões σ'_h e σ'_v	K	1
Inclinação do terrapleno	i	°
Inclinação da cunha com a horizontal	α	°

6.11 - FUNDAÇÕES

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Largura da fundação	B	m
Comprimento da fundação	L	m
Profundidade da fundação	D	m
Carga axial aplicada	Q	kN
Pressão axial aplicada	q	kPa
Pressão limite	q_l	kPa
Força de resistência de ponta	Q_p	kN
Pressão de resistência de ponta	q_p	kPa
Resistência lateral total	Q_s	kN
Resistência lateral unitária	q_s	kPa
Força lateral aplicada	H	kN
Excentricidade	e	m
Inclinação da carga	δ	°
Módulo de reação	k_s	kN/m ³
Fatores de capacidade de carga	N_c, N_q, N_γ	1
Coefficientes de correção de forma	s_c, s_q, s_γ	1
Coefficientes de correção de inclinação	i_c, i_q, i_γ	1

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Recalque	s	m

6.12 - TALUDES

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Altura do talude	H	m
Profundidade da camada resistente	D	m
Ângulo do talude com a horizontal	β	°
Ângulo de mergulho da descontinuidade	ψ	°
Profundidade das fendas de tração	z	m
Profundidade da nível d'água	z_w	m
Resistência ao cisalhamento mobilizada	τ	kPa
Fator de resistência residual	R	1
Coefficiente de poro-pressão	B	1
Coefficiente de poro-pressão	r_u	1

6.13 - COMPACTAÇÃO

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Teor de umidade ótima	w_{ot}	%
Massa específica seca máxima	$\rho_{d\ max}$	kg/m ³
Peso específico seco máximo	$\gamma_{d\ max}$	kN/m ³
Massa específica do aterro	ρ	kg/m ³
Grau de compactação	GC	%
Energia de compactação	EC	kJ

6.14 - ÍNDICES

Vários índices são utilizados em conjunto com os símbolos definidos acima para especificar uma certa particularidade. Os principais índices são os seguintes:

- a ar, ativo (empuxo), admissível, axial
- b submerso
- c crítico, adensamento, compressão, compressibilidade
- d estado seco, dinâmico
- f final, ruptura

- h horizontal
- i imediato, inicial, interno
- L estado líquido
- max máximo
- min mínimo
- o externo
- oct octaédrico
- oed edômetro
- p pré-adensamento, passivo (empuxo), ponta
- P estado plástico
- r radial, remoldado, residual
- R residual
- s partículas sólidas, expansão, lateral
- S estado de contração
- sat saturado
- t tração
- u não drenado
- v vertical
- w água
- x, y eixos ortogonais no plano horizontal
- z eixo vertical
- 0 condições em repouso ou iniciais
- 1, 2, 3 direções principais
- θ tangencial

7 - BIBLIOGRAFIA

BARSVARY, A.K., KLYM, T.W. & FRANKLIN, J.A. (1980). List of terms, symbols and recommended SI units and multiples for geotechnical engineering. *Canadian Geotechnical Journal*, 17: 89-96.

ISSMFE (1981). *Lexicon in 8 Languages - Technical Terms, Symbols and Definitions*. ISSMFE, 245 p.

ISRM (1970). *List of Symbols*. ISRM, Lisboa, Portugal, 15 p.