



!"#\$%&'()*+,-./:;<=>?@A
01&2 / \$ / &- &%/\$. - / 3 4 %&&- 5 ! 4 %
67&9 : 76; <6&&=<?D ?; 7& @A@=A

%'/ &# + +/ 01&+ \$ &BCDFCFC

() *' *, -./+ 0) 123' 4+4) 0' 563' 7) 4328)' 032 2356/0*+4) 0' 90
3: 7230+0' 2307). 0; <3/0' 73=0' 1+22+>3. 0' 7+2+ -). *3. ?8)' 43
23@/*) 0') 6' 563' 7) 4328)' 032 -). 06=*+4) 0' .)' AB CDE) 732+4)
73=0' F (DE/. 4/-+. 4)!03' 7+2G 3*2) 0' *, -./+ 0' 7+2+ + +. ; =03
4+0' 2307) 0*+0E 43' H 2 + 563') 0 : 3: 12) 0') H-/+ . *30' 7) 00+:
/43. *H-+2 0*6+?I 30' 43' +32*+ + 43:). 0*2+2 + . 3-300/4+43' 43
+ . ; =03' 732/-/+± 3073-JH-+ 3' 3K>L -/+ 43' *): +4+ 43
72) </4L -/+0E <0+. 4)' 9' 72) 46?8)' 43' 4+4) 0' +4/-/). +/0') 6
+4) ?8)' 43': 34/4+0' 723<3. *+0') 6' -) 223*+0' 73=0' 3: 7230+0
2307). 0; <3/0M

D& " \$ % G3 4 %

N: '&O%O%PE)' Q)) 243. +4) 24+RSQQ 'HT761=-+2+) 2*+2+RSQQ '. U##E
43' &&43' @=V)' 43' &#PE-2+. 4)')' 267)' 43' W2+1+=V)' RSQQ 'XA3>62+. ?+3: 'C+22+>3. 0' 3
4+. 4)') 6*2+0' 72) </4L -/+0M'>267)' 30*; -). 0*%6J4)' 73=0' 3: 12) 0' Z= </+Q2/0%. +W<+230
W 2230E\ +62)' Q) 3=V)']^./) 2E 3. +*) '43' Z23/*+0' A) 6T+D + V+4)' 3' _ +./ Q+@3/2)' W 1/+0' 43
A) 6T+D -)) 243. +4) 2+eE-): ' +7)/)' *, -./+ 4' +00300) 2+ 43' -)) 243. +?8)' 4+ RSQQ Eb ; *+
\ 34+ Y=<3/2+E 4)' +00300) 2-V3H' 4+ 732I-/+ 3: ' : 3/)' +: 1/3. *3' 4+ A NF % ED 62=)
\ 60*) 0+ \) 730' 3' 4)' +00300) 2 3: '>3) =>+4+ !D EA31+0*8)' c): /. >) 0' 43' Y=<3/2+MF
7+2*2 43' A3*3: 12)' 43' &#PE7+00) 6'+-) =>1) 2+2. + 7+2*3' *, -./+ 8)' @2I4-/+ 430*+ () *+ +
N. >3. V3/2+ F : 1/3. *+±\ 6+. + Q= 64/+ 323/2+E3073-/+0*+ 3: '>3) *3-. /+ 3' -34/4+ 7+2+ 300+
+*6+?8)' 73=0' !D M

F 7d0' 6: + 0, 2/3' 43' 431+*30E 43- /4/6!03' 563')') 1@*(<) E 03: ' 723*3. 08)' 43
30>) *2')')' *3: +E, ' H 2 3-32) 2/3. *+?8)' 0) 123') 0' 4+4) 0' 563' 7) 4328)' 032 2356/0*+4) 0' 90
3: 7230+0' 2307). 0; <3/0' 73=0' 1+22+>3. 0' 7+2+ -). *3. ?8)' 43' 23@/*) 0') 6' 563' 7) 4328)' 032
-). 06=*+4) 0' .)' ! 7H69 =&; <6I >J8&I6&K6H8&I6&6I @=; M&I6& =>=I6; H&I6& 7 6=>M8
N K) (E) 732+4)' 73=0' F >L -/+ (+-/). +±43' D /. 32+?8)' 'F (D aE/. 4/-+. 4)!03' 7+2G 3*2) 0

; >/. +*#43' &\$

,-./-)0' 7+2+' +'. ;≠03' 4+0' 2307) 0+0E 43' H 2- '+' 563')0' : 3: 12)0')H-/+ . *30' 7) 00+
/43. *H-+2 0/*6+?I 30' 43' +32*+' +43:). 0*2+2 '+' . 3-300/4+43' 43' +. ;≠03' 732/-/+≠3073-JH-+' 3
3K>L -/+43'*) : +4+'43'72) </4L -/+0E</0+. 4)'9'72)46?8)'43'4+4) 0'+4/-/). +/0')6'+4) ?8)'43
: 34/4+0'723<3. *<+0')6'-) 223*<+0'73≠0'3: 7230+0'2307) . 0; <3/0M

DD& 8; HJ6>=MQ6HRS; TS=H

C+22+>3. 0' 7) 43: ' 032 -) . 0*26J4+0' 7+2+' 4/<320) 0' H. 0E-):)' 23032<+*d2)' 43
;>6+' 7+2+' +1+0*3-/: 3. *)' 43' 7) 76≠?I 30E>32+?8)' 43' 3. 32>/+E/22/>+?8) E 23>6≠2/T+?8)' 43
<+T8) E+=; : ' 43' ≡T32E *2+. 07) 2*3E 430</' 43' 2) 0E *2+. 07) 0/?8)' 43' 1+-/+0' V/42)>2 H-+0' 3
+2- +T3. +: 3. *)' 43' 23@*) 0E 3. *23')6*2) 0MW: 1,: ' 7) 43: ' 032 -) . 0*26J4+0' 3: 723>+. 4)
4/H23. *30' *7) 0' 43': +*32/+0' 3'-): ' 4/H23. *30': 3*) 4) ⇒>/+0' -) . 0*26*+<+0MY' 563' 43H. /2')
*7)' 43' 1+22+>3: ' +032 -) . 0*26J4+0' 032 ' +06+' H. +≠4+43M

F' -) . 0*26?8) E) 732+?8) E : +. 6*3. ?8)' 3' H-V+: 3. *)' 43' 6: '+' 1+22+>3: E
/. 4373. 43. *3' 4+0' 06+' H. +≠4+43E723-/0+' -) . -/≠+2+' ⇒>/0≠?8)' 3073-JH-+0) 123') '+006. *) E) 0
-2*, 2) 0' *, -./-) 0' 43' 3. >3. V+2/+E) 0' -2*, 2) 0' 43' 03>62+. ?+' *. *)' 7+2+' '+' 72) *3?8)' 4+
7) 76≠?8)' 56+*. *)' 4): 3/)' +: 1/3. *3' 3') 0'-2*, 2) 0' 3-). [: /-) 0M

(30*+' () *+' W-./-+E)' 3. H 563' 30*;' <) *+4)' 7+2+' +0' 1+22+>3. 0' 430*% . +4+0' 9
-). *3. ?8)' 43' 23@*) 0' 3' 034/: 3. *) 0E7234): / . +. *3: 3. *3' 43': /. 32+?8) E</0*)' 563' 7) 0063:
.) 2- +0' 3073-JH-+0' 7+2+' 0360' 72) @*) 0' 3' 43<3: ' -). *+2 -): ' 72; *-+0' 43' 3. >3. V+2/+
+72) 72/4+0' 7+2+' -+4+' -+0) E*64)' -). H 2- 3'+⇒>/0≠?8)' </>3. *3M

F&%* T' +/ &/ + % / * &- &- KG\$/ 3 / &- &/ \$\$ / K- !

F'\ 3/ . e'#&MIRRE43' &' 43' 03*3: 12)' 43' &' #" E30*+13-3-36+') ⇒*-+' (+-/). +=
43' A3>62+. ?+' 43' C+22+>3. 0' X (AC' X 430*% . +4+0' 9' +-6: 6≠?8)' 43'; >6+' 7+2+' 56+/05632
60) 0E9' 4/07) 0/?8)' H. +≠) 6' *3: 7) 2; 2+' 43' 23@*) 0' 3' 9' +-6: 6≠?8)' 43' 230J46) 0'/. 460*2/+0E3
-2) 6')

A/0*3: +' (+-/). +≠43'B H 2- +?I 30' 0) 123' A3>62+. ?+' 43' C+22+>3. 0M

+2+') 0' 3H/*) 0' 4+' \ 3/EH 2+: ' 30*+13-3-/4+0' +0' 03>6/. *30' 43H. /?I 30g

B!') ⇒⇒⇒I 69 g 56+≠5632 30*26*62+' 3: ' 6: '-620)' 732- +. 3. *3') 6' *3: 7) 2; 2)' 43
;>6+' 7+2+' H. 0' 43' -). *3. ?8)') 6' +-6: 6≠?8)' 43' 0610*G -/+0' ⇒56/4+0') 6' 43': /0*62+0' 43
⇒56/4) 0' 3' 0d≠4) 0E-): 7233. 43. 4)' 1+22+: 3. *)' 3'+0' 30*26*62+0'+00) -/+4+0M

BB!' \$ 6H>U=V>8g +-6: 6≠?8)' . 8)' . +*62+≠43'; >6+E43' 0610*G -/+0' ⇒56/4+0
) 6' 43': /0*62+' 43' ⇒56/4) 0' 3' 0d≠4) 0M

BB!! 6I @≠; M&J 6& ⇒⇒⇒I 69 g Q). 4/?8)' 563' </03': +. *32 '+' 06+' /. *3>2/4+43

; >/. +' &43' &\$

30*26*62+±3') 732+- /). +±3'+723032<+2+'</4+E+'0+^43E+'72) 72/34+43'3')': 3/)'+: 1/3. *3M

Bh'!'- 9 W66; J6J8>g+>3. *3'72/<+4)') 6'>) <32 +: 3. *+±-): '4/23/*)'23+±0) 123
+0' *322+0'). 43' 03' > -+≠T+: ' + 1+22+>3: ' 3')' 23032<+*d2)') 6' 563' 3K7> 23' + 1+22+>3: ' 7+2+
13. 3H- /)'72d72)') 6'4+-) >3* </4+43M

h'!'X>I L8&7F=AZ-J8>g+6*) 2/4+43'4)') 7) 432 7^1≠-) '2307). 0; <3±73=0'+?I 30
43'H0- +≠T+?8)'4+'03>62+. ?+'4+'1+22+>3: '43'06+-): 73*L -/+M

h B'!'K6H L8&J6&7H8g+?I 30' 43' -+2; *32.) 2 +* <) E13: ' -):)'+7≠-+?8)'43
: 34/4+0'7+2+'723<3. ?8) E-). *2) >3'3': /*>+?8)'43'20-) 0M

h BB'!. =; 8&8<6; S7=A& H8S7-J8& ' / O9' 1+22+>3: g4+.) '563'7) 43') -) 2232
43</4)' +) ' 2): 7/: 3. *) E<+T+: 3. *) E/. H=2+?8)' .)' 0) >') 6': +6' H6. -/). +: 3. *) '43' 6: +
1+22+>3: M

c 3' +-) 24)' -): ' + \ 3/'. U#&Mf R&#" E+0' 1+22+>3. 0E7+2+' 0323: ' /. 032/4+0'. +
(ACE723-/0+: ' +72303. *+2 73>': 3.) 0' 6: + 4+0' 03>6/. *30' -+2+ *32J0%-+0g`+a' +≠62+' 4)
: +-/?) E-). *+4+'4)') 7). *)': +/0' 1+K)'4+'H6. 4+?8)'9'-2/0*+i#iE: +/) 2) 6'>6+±+ '#k': ''56/. T3
: 3*2) 0al`'1a' -+7+-/4+43' \*) \*+±4)' 23032<+\*d2)')': +/) 2) 6'>6+±+ fM'"M'"': m`2L0': /≠M 30
43': 3*2) 0' -^1/-) 0al`'-a' 23032<+*d2)' 563' -). *3. V+ 230J46) 0' 732/>) 0) 0' -). H2 3' .) 2 +0
*, -. /-+0+7≠-; <3/0l') 6'4a'-+*3>) 2+'43'c +.) ') *3. -/+≠F 00) -/+4)': , 4/)' 6'+≠E3: '*32) 0
3-). [: /-) 0E0) -/+0E+: 1/3. *+/0E) 6'7324+'43'</4+0'V6: +. +0M

F /. 4+E)'d2>8)'H0- +≠T+4) 2E.) 'G 1/*)'43'06+0'+*2/16/?I 30' >3+0E,') 12/>+4)
+g

B!'D +. *32 -+4+0*2)'4+0' 1+22+>3. 0'0) 1'06+' (62/04/?8) E-): ' /43. *H-+?8)'4) 0
3: 7233. 434) 230E 7+2+' H. 0' 43' /.-) 27) 2+?8)' +)' A/0*3: + (+-/). +±43' B H2 +?I 30' 0) 123
A3>62+. ?+'43'C+22+>3. 0' A(BACal

BB'!'NK>/2 4)' 3: 7233. 434) 2 + +.) *+?8)' 43' 2307). 0+1/≠4+43' *, -. /-+E 7) 2
72) H00). +± V+1/≠*+4)' 73>' Q). 03=V)' Z3432+±43' N. >3. V+2+' 3' F>2).): /+'`QY(ZNF a' %
Q). 03=V)' 3>). +±43' N. >3. V+2+' 3' F>2).): /+'`Q NF aE4) 0' 30*64) 0E7=.) 0E72) @*) 0E
-). 0*26?8) EH0- +≠T+?8)'3'43: +/0' 23=±*d2) 0' -/*+4) 0'. +≠3/1

BB'!'NK>/24)'3: 7233. 434) 2)' -6: 72/: 3. *) '4+0'23-): 3. 4+?I 30' -). *4+0'.) 0
23=±*d2) 0'43'/. 073?8)'3'23</08)'732/d4/-+'43'03>62+. ?+1

Bh'!'F 2*-6=2103' -): ') 6*2) 0' d2>8) 0' 3. <) </4) 0' -): ' + /: 7=+. *+?8)' 3' +
) 732+?8)'43'1+22+>3. 0'.) 'G 1/*)'4+'1+-/+V/42)>2 H-+1

h'!'NK>/24)'3: 7233. 434) 2)' -+4+0*2+: 3. *) '3'+'+*6+≠T+?8)'4+0'/. H2 +?I 30
23=±* <+0'9'1+22+>3: ' .)' A(BACM

) 2 H: E + 2307). 0+1/≠4+43' 43' H0- +≠T+2 03' 4/</43' 3: ' 56+*2)' >267) 0E
-). H2 3'+H. +≠4+43'4+'1+22+>3: g

>/. +f'43'&\$

B !' C+22+>3. 0' 7+2+' >32+?8)' 43' 3. 32>+/' 3=, *2/-+E H0- +/=T+4+0' 73=+' F >L -/+
(+-/). +±43'N. 32>+/'N=, *2/-+'F (NM aM

~~&I&=>=I6; H&W>=&S8; <6; M8&J6&&6\678H&9 7 6=>7H&YH&=AZ=J=H&W6A~~
/ I ^; S7=&=S8; =~~A6& 7~~ =>M8& O

BB !' C+22+>3. 0' 7+2+' -). *3. ?8)' 43' 23@*) 0' /. 460*2/+0E0) 1' 2307). 0+1/=4+43
4)

B 0*6*)' C2+0=3/2)' 4)' D 3/)' F: 1/3. *3' 3' 4) 0' 3-620) 0' (+*62+0' 3.) <; <3/0' `BCF D F a' 3
d2>8) 0'+: 1/3. */0' 30*+46+0M

Bh !' C+22+>3. 0' 7+2+' 60) 0': ^=*7=> 0E0) 1' H0- +/=T+?8)' 4+' F >L -/+' (+-/). +±43
n >6+0' F (F a') 6' 43' d2>8) 0' >30*) 230' 30*+46+0' 43' 23-620) 0' VJ42/-) 0M

~~_&/ \$ \$ / K- !&- & - \$ / 3 4 %~~

F 0' 1+22+>3. 0' 43' : /. 32+?8)' 08)' -). 0*26J4+0' 72/) 2/*2+/: 3. *3' 7+2+
+2+ T3. +: 3. *)' 3' -). *3. ?8)' 43' 23@*) 0MQ). H 2 3' @: 3. -/). +4) E+' 23>6=+: 3. *+?8)' 3
H0- +/=T+?8)' 43' */0' 1+22+>3. 0' -+13' 9' F >L -/+' (+-/). +±43' D /. 32+?8)' 'F (D aE+. *)>
c 37+2*+: 3. *)' (+-/). +±43' 2) 46?8)' D /. 32+±' c (D aM

~~_ID& 8; S678H&A6Y; 7MQ6H&WAS U67H~~

F =>6. 0' -). -3/*) 0' H6. 4+: 3. */0' 23=+/-). +4) 0' 9' 1+22+>3: ' 3' 9' 06+' 03>62+. ?+
08)' +72303. *+4) 0'. +'0356L -/+g

•) =>=I69 g 7+2+') 0' 3H/*) 0' 4+' \ 3/ . U #&MFR&' #' E , ' 56+=5632
30*26*62+' 3: ' 6: ' -620)' 732+ . 3. *3') 6' *3: 7) 2 2/)' 43'; >6+E7+2+' H. 0' 43' -). *3. ?8)') 6
+-6: 6=+?8)' 43' 0610*G -/+0') 6' 43': /0*62+0' 43' =56/4) 0' 3' 0d=4) 0E-): 7233. 43. 4)')
1+22+: 3. *)' 3'+0' 30*26*62+0'+00) -/+4+0M

• " 78H&6=>=I6; H43'+-) 24)' -): '+6*/=T+?8) g

◦) =>=I6; H&J6&9 7 6=>M8g 1+22+>3. 0E 1+22+: 3. *) 0E 4/5630E
23032<+*d2/0E -+<+0' 3K+62/4+0' -): ' 1+22+: 3. *) 0' -). 0*26J4) 0E +00) -/+4) 0' 90
+*/</4+430' 4303. <) =</4+0' -): ' 1+03' 3: ' 4/23/*): /. 32 2/0E 6*/=T+4) 0' 7+2+' H. 0' 43
-). *3. ?8) E+-6: 6=+?8)') 6' 43-+. *+?8)' 43' 23@*)' 43': /. 32+?8)') 6' 430-+2>+' 43
034/: 3. *) 0' 72) <3. /3. *30' 43'+*/</4+430' 3: ' : /. 32+?8) E-): ') 6' 03: ' -+7*+?8)' 43
>6+' +00) -/+4+E-): 7233. 43. 4)' +' 30*26*62+' 4)' 1+22+: 3. *)' 3' 06+0' 30*26*62+0
+00) -/+4+0I

◦) =>=I6; H&W>=&S8; <6; M8&J6&&6\678H&9 J @H>77H 1+22+>3. 0
-). 0*26J4+0' 7+2+' +2+ T3. +: 3. *)' 43' 23@*) 0' /. 460*2/+0M

• " 78H&6=>=I6; H-) . 0/432+. 4)'): +*32/+±43' -). 0*26?8) g

◦) =>=I6; H&J6&S8; S<6-8&8@&A6; =>7-g 08)' +563=0' 1+22+>3. 0
-). 0*26J4+0' 3003. -/+±: 3. *3' -): ' : +*32+/0' >2+. 6=+230' . +*62+0' `+23/+a') 6
72) 46T/4) 0' +2*/H-/+±: 3. *3' `12/*+0aE+) 0' 56+0' 03' +4/-/). +: ' +>±: 32+. *30' */0
-): ' -/: 3. *)' 3'+4/*<) 0' 56J: -/) 0M(+'Z/>62+' #F' *3: !03' 6: +' /-60*2+?8)' 430*3

>/. +'R43'&\$

*7)'43'1+22+>3: M

o) =>>I6; HJ6&<6>8&@&=>>I6; HJ6&<6>g 08)' 1+22+>3. 0
: +/0' 0': 7=30' 3' 03' 7230*+: ' 7+2+ 56+=5632 *7)' 43' H. 4+?8) E 43043' + 2) - V+
-): 7+- *E +*, ' *3223.) 0' -). 0*26J4) 0' 43' : +*32+/0' /- -). 0) =4+4) 0M) 43: ' 032
-). 0*26J4+0E7234): /+. *3: 3. *3E-): '6: ' ^./-)' *7)' 43': +*32/+±. +*62+±' 0) =) aE
3: ' >32+± -): 7+- *4) E *3. 4)' 0360' *+=6430' 72) *3>/4) 0' 43' +-) 24)' -): ' +
. 3-300/4+43'`>2+: +') 6' 3. 2) -+; 3. *) aM) 0063: '6: ' ^.-=3)' -3. *2+±<32%/-+±3' 6:
*+73*3' V) 2/T). *+=E+: 1) 0' -):)' 30*26*62+0' H=2+. *30E 563' 08)' 3. <) =/4) 0' 7) 2
: +-/?) 0' 43': +*32+/0' : 3.) 0' 732: 3; <3/0E 563' 067) 2*+: ' 3' 72) *3>3: ')' ^.-=3) M
(+Z/>62+' #C' *3: !03' 6: +/=-60*2+?8)' 43003' *7)' 43' 1+22+>3: M

o) =>>I6; HJ6&<6>8S=9 6; <8g 3003' *7)' 43' 1+22+>3: ', '+563=3
3: ' 563' 08)' 6*≠T+4) 0' 1=) -) 0' 43' 2) - V+ 43' *+: +. V)' <+2; <3±3' 6: +': 3: 12+. +
/: 732: 3; <3±. +' H-3' 43':). *. *3' `-. -23\*) a' ) 6' . )' / . \*32/ 2 4)' : +-/?)' `3:
>32+±E+2>/=+') 6' +0H=*) aM(+ Z/>62+' #Q' *3: !03' 6: +/=-60*2+?8)' 43003' *7)' 43'
1+22+>3: Mb: ') 6*2)' 3K3: 7=)' 43' 6: + 1+22+>3: ' 43' 3. 2) -+; 3. *) E. 30*3' -+0)
7+2+ -). *3. ?8)' 43' 23@*) 0' 43': / . 32+?8) E, '+ 1+22+>3: ' 4+' R CE3: ' Q+=4+0% D M



Barragem de Concreto de Itaipu. (Imagem: Flickr)

Z/>62+' #F' !' C+22+>3. 0' 43' -). -23*)') 6' +<3. +2/+M

,

; >/. +'k' 43' &\$



(Imagem: Youtube)

Z/>62+'#C'!'C+22+>3. 0'43'+*322)') 6'43'*322+M



(Imagem: engenhariacivil.com)

Z/>62+'#Q'!'C+22+>3. 0'43'3. 2) - +: 3. *)

- **R8J8H88; H>@7U8H8H&A6=9 6; <8H** gN: '>32+E+0'1+22+>3. 0'43 : /-. 32+?8)'08)' +=3+4+0'+7+2*24+'-). 0*26?8)'43'6: '4/563'43'7+2*4+'-): 6: 3. *3'3: 0) =>' -): 7+- *4) aE7) 2 *2L0': , *) 4) 0'4/0%. *) 0g
 - **R8J8&J6&A6=9 6; <8&a=89 8; <=< 6b** g 30*26*62+0' 3: ' 563') : +*32/+43' -). 0*26?8)'4)' +=3+: 3. *) ', '4/07) 0*) '+' :). *. *3'4)'3/K)'4)'4/563 /-./-/+0) 123'23@*) 0E) 6'03@E)'3/K)'4+'30*26*62+', '430->-+4)'7+2+':). *. *3'3: -+4+' +=3+: 3. *) MN0*8)' *+: 1, : ' 3. 56+42+4) 0' . 300+' -+*3>) 2+') 0' : +-/?) 0 H2 +4) 0' 0) 123'23@*) 0'43'23032<+*d2) 0' @/: 7=>. *4) 0M(+'Z/>62+'&F'*3: !03 6: +'/-60*2+?8)'43003'*7)'43'+=3+: 3. *) M

; >/. +' \$'43'&\$

○ **R8J8&J6&A6=9 6; <8&a=&@H; <6bg -)**. 0/0*3' .)' +=3+: 3. *)
7+2+' @0+. *3' + 7+2*2 4)' 4/563' / . /-/+E3: ' 563') 0' : +/?) 0' 43' +=3+: 3. *) ' 08)
-). 0*26J4) 0' -): ' : +*32/+±43' 3: 72, 0*%:)') 6' -): ')' 72d72)' 23@*) M(+ ' Z/>62+
&C' *3: !03' 6: + /-60*2+?8)' 43003' *7)' 43' +=3+: 3. *) Mp

○ **R8J8&J6&A6=9 6; <8&A c=&6&6; <8bg:** , *) 4)' <+2/+. *3' 4)
: , *) 4)' + @0+. *3E3: ' 563') 0' +=3+: 3. *) 0' 06-300(<) 0' 03' 48)' 43' *±H 2 + ' 563')
3/K)' 4+' 1+22+>3: ' 03': +. *%: ' . +?7) 0/?8)' / . /-/+E) 6' 03@E-) / . -/43. *3'-): ')' 3/K)
4)' 4/563' 43' 7+2*4+M(+ ' Z/>62+ &Q' *3: !03' 6: + /-60*2+?8)' 43003' *7)' 43
+=3+: 3. *) M



Z/>62+' &F'!'F =3+: 3. *) 'q'!:) . *. *3r



Z/>62+' &C'!'F =3+: 3. *) 'q'+' @0+. *3r



Z/>62+' &Q'!'F =3+: 3. *) 'q'≠. V+43'-3. *) r^{ifj}

• ' A; 8&J6& M8&J6& 9 6>I ^; S7=&W>=&) ==>=I6; H&J6& 7 6=>M8
N / -) Q*2+*+!03' 43' 6: ' 4) -6: 3. *) '*; . /-)' 3' 43'H- /±3. *3. 4/ : 3. *) E3=1) 2+4)' 73=>
3: 7233. 434) 2E.)' 56+± 43<3: ' 30*+2 /43. *H-+4+0' +0' 0/*6+?I 30' 43' 3: 32>L -/+ 3:
7) *3. -/+±4+' 1+22+>3: ' 3' 08)' 30*+13=>- /4+0' +0' +?I 30' + 0323: ' 3K3-6*+4+0' . 30030' -+0) 0E
43H. / . 4) !03') 0' +>3. *30' + 0323: ' .) *H-+4) 0MF)' 03' 43H2) . *+2 -): ' 6: + ' 0/*6+?8)' 43
3: 32>L -/+E)' 3: 7233. 434) 2 43<32; ' +<+≠; !=' 3' -=>00/H-; !=E 7) 2 / . *32- , 4)' 4)
-)) 243. +4) 2 4)' F NCD ' 3' 4+ 356/73' 43' 03>62+. ?+ 43' 1+22+>3. 0E43' +-) 24)' 0' (J<3/0
43' N: 32>L -/+ 430-2*) 0' . + 0356L -/+M6 : + <3T+- /). +4)' +=>6: ' . J<3=43' 3: 32>L -/+E

; >. +O43' &S

43<3: '0323K3-6*+4+0'+0'+?I 30'723</0*+0'.)' F NCD M

o d6A0s 6+. 4)' 43*3- *+4+' +.): +?+' 563' 2306=*3'. +' 7). *6+?8)
: ; K/: +' 43' #' '43Ta' 7). *) 0' 3: ' 56+=5632 -) =6. +' 4)' s 6+42)' f' X D +*2/T 43
Q=00/H-+?8)' s 6+. *) '9' Q+*3>) 2/' 43' /0-) ' '#M!' N0*+4)' 43' Q). 032<+?8) aE4)
F. 3K)' h' 4+') 2*+2+' F (D'. U'O' M P%&' #OE8@7+2+' 56+=5632) 6*2+' 0/*6+?8)
-): ' 7)' 3. -/+±-): 72): 3*: 3. *) '43' 03>62+. ?+' 4+' 30*26*62+MY' s 6+42)' f' 4+
) 2*+2+' , '+72303. *+4)' . '+Z/>62+' fM

 QUADRO 3 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO QUANTO À CATEGORIA DE RISCO (RESÍDUOS E REJEITOS) 1.2 - ESTADO DE CONSERVAÇÃO - EC			
Confiabilidade das Estruturas Extravasoras (f)	Percolação (g)	Deformações e Recalques (h)	Deterioração dos Taludes / Paramentos (i)
Estruturas civis bem mantidas e em operação normal /barragem sem necessidade de estruturas extravasoras (0)	Percolação totalmente controlada pelo sistema de drenagem (0)	Não existem deformações e recalques com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (0)	Não existe deterioração de taludes e paramentos (0)
Estruturas com problemas identificados e medidas corretivas em implantação (3)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes e ombreiras estáveis e monitorados (3)	Existência de trincas e abatimentos com medidas corretivas em implantação (2)	Falhas na proteção dos taludes e paramentos, presença de vegetação arbustiva (2)
Estruturas com problemas identificados e sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Umidade ou surgência nas áreas de jusante, paramentos, taludes ou ombreiras sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Existência de trincas e abatimentos sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)	Erosões superficiais, ferrugem exposta, presença de vegetação arbórea, sem implantação das medidas corretivas necessárias (6)
Estruturas com problemas identificados, com redução de capacidade vertente e sem medidas corretivas (10)	Surgência nas áreas de jusante com carreamento de material ou com vazão crescente ou infiltração do material contido, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Existência de trincas, abatimentos ou escorregamentos, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura (10)	Depressões acentuadas nos taludes, escorregamentos, sulcos profundos de erosão, com potencial de comprometimento da segurança da estrutura. (10)
EC = Σ (f até i)			

Z/>62+' f' X s 6+42)' f' 4+') 2*+2+' . e' O' M P%&' #O4+' F (D M

• d6A0s 6+. 4)')' 2306=*+4)' 4+0'+?I 30'+4) *+4+0'. +' +.): +?+'
4)' (J<3±# H 2 - =00/H-+4)' -):)' q. 8)' -). *) =4) rE43'+-) 24)' -): '+' 43H /?8)
4)' u' #UE/. -/0)' BBE+2*+>' &OE) 2*+2+' . e' O' M P%&' #O4+' F (D M F W N(v w Y g
Q=00/H-+4+' -):)' (J<3±&+' 0/*6+?8)' 4+' 1+22+>3: E, ' . 3-300; 2/' +' 23*2+4+' 4+
7) 76=+?8)' '+' @0+. *3M

; >/. +' t' 43' &\$

- **d6&F'267*62+4+1+22+>3: ', /: / 3. *3') 6'30*,') -) 223. 4) M**

• **\$ 6H8; H: 7A=J6H&; 8&' / -) g) 0' 03>6/. *30' 3. *30' 7) 0063:**
2307). 0+1/÷4+430'03>6. 4)')' F NCD g

• **- 9 W66; J6J8>g,')'+>3. *3' 72/<+4)') 6'>) <32 +: 3. *±563'3K7⇒ 2+ + 1+22+>3: ' 7+2+ 13. 3H-/)' 72d72)') 6' 4+ -) ⇒*/<4+43MF)' 3: 7233. 434) 2 , '4+4+ 6: + 0, 2/3' 43' +*/16/?I 30' + 0323: ' 3K3-6*+4+0' 462+. *3' 6: + 0/*+?8)' 43' 3: 32>L -/+E -). H 2 3'723<L+) 2*+2+ . UO' Mt P°&' #CM**

• **+88>J6; =J8>&J8&' / -) g , ')' 72) H00). +E 430/>. +4)' 73⇒ 3: 7233. 434) 2 4+ 1+22+>3: E -): ' +6*).): /+ 3' +6*) 2/4+3' 7+2+ :) 1/÷T+?8)' 43 356/7+: 3. *) 0E: +*32/+0' 3': 8)' 43') 12+ + 0323: ' 6*÷T+4) 0' . +0 +?I 30' -) 22*/<+0' 3%6 3: 32>3. -/+0E 03. 4)' *23/. +4)' 3' -+7+/-*4)' 7+2+)' 4303: 73. V)' 4+ H. ?8) MF) -)) 243. +4) 2 , ' -). H 2/4+ 6: + 0, 2/3' 43' +*/16/?I 30' + 0323: ' 3K3-6*+4+0' 462+. *3' 6: + 0/*+?8)' 43' 3: 32>L -/+E-). H 2 3'723<L+) 2*+2+ . UO' Mt P°&' #CM**

• **- f @V6&S; S=g+0' 03>6/. *30' 356/730' -): 7I 3: ' + 356/73' *, -./-+ 4+ 1+22+>3: ' X356/73' 43'>3) *3-./+E356/73' 43') 732+?8)' 3': +. 6*3. ?8) E356/73' 43': 3/) +: 1/3. *3E356/73' 43' 03>62+. ?+ 3: 7230+2+=E356/73' 43' 03>62+. ?+ 4)' *2+1+=V) E356/73 43' +7) /)' 3' ⇒>J0*-+E 356/73' 43' -): 6. /-+?8) E 356/73' 624/-+E 356/73' 43' 0+^43) -67+ -/). +E356/73' 43' 23-620) 0' V6: +.) 0' 3')' Q3. *)' 43' Q). *) ⇒3' 43' N: 32>L -/+0' 3 Q): 6. /-+?8) ' QNQYD aMk ' 356/73' *, -./-+ , ' -). H 2/4+ 6: + 0, 2/3' 43' +*/16/?I 30' + 0323: ' 3K3-6*+4+0' 462+. *3' 6: + 0/*+?8)' 43' 3: 32>L -/+E-). H 2 3'723<L+) 2*+2+ . U O' Mt P°&' #CM**

• **. 6YH& 7UA'08)' 2307). 0+1/÷4+430' 4+ c 3H30+Q/</÷g**
◦ **F *6+2 43' +) 24)' -): ' +0' 72322) >+* <+0' 43H. /4+0' . +\ 3/' Z3432+= #&M' t °&' #&M**

◦ **F *6+2 -). H 2 3' 43H /4)' 3: ' 036' 7⇒.)' 43' -). *. >L -/+Ef @ J6U6H>S89 W<L6AS89 &&/ -) J8&9 W66; J6J8>E.) *4+: 3. *3' -): ' +0 +?I 30' 43' 3<+ -6+?8)' 3'+12>+: 3. *)' *3: 7) 2 2) 0' 4+7) 76÷?8) E3' 3: ' ≠. V+ -): ') qQ+432)' 43' Y2/3. *+?I 30' 7+2+ F 7) /)' 9' N=1) 2+?8)' 43' ⇒.) 0' 43' Q). *. >L -/+ D 6. /-7+0' 7+2+ C+22+>3. 0r' / 0/*6J4)' 73⇒) 2*+2+ . e#t O°&' #S' 4+ A3- 23*+2+ (+/). +±43' 2) *3?8)' 3' c 3H30+Q/</÷4)' D / 0/* 2)' 4+ B *3>2+?8)' (+/). +M**

%α H>U=M8e' F 0' 72/. -/7+0' .) 2 +0' . +-/). +0' +7÷-; <3/0' 90' 1+22+>3. 0' 43 : / 32+?8)' 08) g \ 3/ . U #&M' R°&' #' E .) 2 + F C(W (C ' #fM& g°&' #OE) 2*+2+ . e O' Mt P°&' #O 4+ F (D E:) 4/H-+4+ 23-3. *3: 3. *3' 73⇒' 30) =6?8)' F (D' . U #f°&' #P' `563 0610/*6/6' + 30) =6?8)' . UR°&' #PM(300+0' .) 2 +0' *3: !03'+43H. /?8)' 43' 6: + 0, 2/3' 43') 6*2) 0 -). -3/*) 0' 23=3+ . *30' 7+2+ 3. *3. 4/: 3. *)' 4)' ≠. >6+@2 3: 723>+4)' . + 03>62+. ?+ 43' 1+22+>3. 0 43': / 32+?8) M

_IF& 8>9 =H&WAS' U67H

F' .) 2 + 12+0/÷3/2+) \$ &D RFgeFCDh]&a 7 6⇒M8&i &- A: 8⇒M8&6 =W6H; <M8&J6&W8\6-8&J6& ⇒⇒=I 6; H&W>=&J 7H8HM8&J6&>6\67-8H&S8; <6; M8&J6 H&J 9 6; <8H6&6H>U=M8&J6&I @-& \$ 6f @H78Hb' 3073-/H-+) 0' 2356/0/*) 0': J. /:) 0' 7+2+ +

; >/. +P' 43' &\$

3=1) 2+78)' 3' +72303. *+78)' 43' 72) @*) 0' 43' 1+22+>3. 0' 43' : / . 32+78) E/. -6/. 4)' +0' 1+22+>3. 0
7+2+4/07) 0'78)' 43' 23@*) 0' 43' 13. 3H-/+ : 3. *) E-). *. 78)' 43' 034/: 3. *) 0'>32+4) 0' 7) 232) 08)
3' 23032<+78)' 43' ;>6+ 3: ' : / . 32+78) E </0+. 4)' +*3. 432 90 -). 4/?I 30' 43' 03>62+. ?+E
) 732+-/). +≠4+43E 3-).) : /- /4+43' 3' 430+*≠+78) E : / . / : /T+. 4)') 0' / : 7+- *) 0' +)' : 3/)
+ : 1/3. *3MY 0' 4) / 0' *3. 0' 3003. -/+0' 4+ (C ' 3: ' 5630*8) E563' 723-/0+ : ' 032) 12/>+*) 2+ : 3. *3
+*3. 4/4) 0EH8&8H=8>6H9 d 7 8H8H=8>6H6&6I @=; M&6&69 V8&6&6<8> 8&V>=
J7 6; H8; =9 6; <8&8&H69 =&j <=U=H>iRj &=&=>=I 69 P

F (C ' #fM&t g&' #O 43H 3') 0' H*) 230' 43' 03>62+. ?+ 'ZAd' : J. / :) 0' 7+2+ +0
1+22+>3. 0' 43' : / . 32+78)' 563' 43<3: ' 032) 1*4) 0E/. 4373. 43. *3: 3. *3' 4)' *7)' 43'+ ; ≠03' 3' 4+0
-). 4/?I 30' 43' -+223>+ : 3. *) MW: 1, : ' 30*76=+)' *3: 7)' 43' 23*) 2)' : J. / :)')' 6' 43
23-) 22L -/+

: J. / : +iki a' +032 -). 0/432+4)' 7+2+ 4/ : 3. 0/). + : 3. *) '4)' 0'0*3: +3K*2+<+0) 2 3: 'H6. 78)' 4+0
-). 0356L -/+0' 6' 3>/0+78)' </>3. *3MY 4) 0') 0' <+> 230' 4) 0' H*) 230' 43' 03>62+. ?+ 13: ' -) :)
4) 0' *3: 7) 0' 43' 23*) 2)' 723-). /T+4) 0' 73=+/-/*4+'). 2 +3. -). *2+ : !03'.)' s 6+42)' fM

F 0' .) 2 +0' 12+0/3/2+0 </>3. *30' 723<33: ' 563' +0' 1) +0' 72; *-+0' 43' 3. >3. V+2/+
. +-/). +/0' 3'/. *32 +-/). +/0' 43<+ : ' 032) 1032<+4+0' 7+2+ -). 0*2678) E: +. 6*3. 78)' 3'H3-V+ : 3. *)
43' 6: +1+22+>3: ' 43' 23@*) M

A) 1')' 7). *) ' 43' </0*+ 43' H*) 230' 43' 03>62+. ?+E)' Q) : /L' 43' C+22+>3. 0' 43
D/. 32+78)' 4+ F 00)-/+78)' 43' C+22+>3. 0' 4)' Q+. +4; ' ` ! " # \$ % & ' (!) ' ' # * +,
& & # & ! & ' (! ((. # & # \$ a' 3=1) 2) 6' !' 3' 30*; ' 3: ' H03' 43' 4/0-6008)' 7+2+ +72) <+78)
' 4)-6: 3. *) '+-300+4)' 3: ' O43' F 12=43' & #Pa' !' 6: +'.) <+<3208)' 4)' 1) 3*: ' *, -./-) ' yK@=
J6&6I @=; M&V>=&=>=I 6; H6&6 6678H6& 7; 6=>M8' /+ 0\$# &I2 3H+*\$4/5 66# &# \$
) 7! & ! 8&7+9! : 3# +H\$+(! *) ! " # \$ % & ' (; <4 5 =>?@A- B&7* aM(3003' 4)-6: 3. *) ' 03
30*+13-3-3: ' +0' -). 4/?I 30' 732+-/). +/0' +>). >)' 72+T)' 7d0!) 732+78)' 43' 437) 0'78) a' 7+2+ 563
+0' 1+22+>3. 0' 43' 23@*) 0' 7) 00+ : ' 43H 2 +2 03: ' +*. >/2)' 7+*+ : +2 43' / . 0*+1/≠T+78)' 3E. +
0356L -/+E 43' 267*62+ ' 30-) +2H6/2aMY 0' <+> 230' : J. / :) 0' 43' H*) 2 43' 03>62+. ?+ + 0323:
+003>62+4) 0' 08)') 0' 563' -). 0*+ : ' .)' s 6+42)' f' 4)' -/*4)' 4)-6: 3. *) M

()' / . *6/*)' 43' -) : 7/≠2 +0' / . H 2 +?I 30' +32-+ 4) 0' H*) 230' 43' 03>62+. ?+ +
0323: ') 1*4) 0' . +0' + ; ≠030' 43' 30*+1/≠4+43' 4+0' 1+22+>3. 0' 563' +*3. 4+ : ' +0' .) 2 +0' </>3. *30' 3
+0' 1) +0' 72; *-+0' 43' 3. >3. V+2+E. + W13=+ ' #' *L: !03') 0' <+> 230' : J. / :) 0' 563' 43<3: ' 032
) 1*4) 0M

Tabela 1 – Compilação dos fatores de segurança a serem obtidos nas análises de estabilidade

Tipo de análise	Valor mínimo do Fator de Segurança
Análise drenada	1,5
Análise não drenada	1,3
Análise pós pico (liquefação)	1,2
Análise com solicitação sísmica	1,1

; >/. +*#'' 43' &\$

F'' 8>=>7=& &k&CP_gI FCDhE7) 206+<3TE-2/) 6')'Q+4+0*2)'(+/). +=
43'C+22+>3. 0'43'D/. 32+?8) E)'A/0*3: +'B*3>2+4)'43' 30*8)'3: 'A3>62+. ?+'43'C+22+>3. 0'43
D/. 32+?8)'AB CD a'3'30*+13-3-36g

- +'732/) 4/-/4+43'43'3K3-6?8)') 6'+*6+T+?8)1
- +'56+H-+?8)'4) 0'2307). 0; <3/0*, -./-) 0l
-)'-). *3^4)': J./:)'3')'. J-3=43'43*+V+: 3. *)'4)' =.)'43'A3>62+. ?+
4+' C+22+>3: E4+0' B 073?I 30' 43' A3>62+. ?+' 3>6=2'3' N073-/+E4+' 3</08)' 32/d4/-+
43'A3>62+. ?+'43'C+22+>3: l'3
-)'-). *3^4)': J./:)'3')'. J-3=43'43*+V+: 3. *)'4)' =.)'43'F?8)'43
N: 32>L -/+7+2+'C+22+>3. 0'43'D/. 32+?8) M

N. *23') 6*2) 0'/*3. 0E+') 2*+2+' +72303. *E3: '0360' +. 3K) 0E6: '>6/+43'-):)'+
1+22+>3: '43<32' 032 -=>00/H-+4+' 56+. *)'9' Q+*3>) 2+' 43' /0-)'`Q B' 3' 56+. *)'+)'c +.)
) *3. -/+E F 00) -/+4)'`c F a' 3E+/. 4+E56+43<32' 032 +' 30*26*62+'3')'-). *3^4)': J./:)'4)
=.)'43'A3>62+. ?+'4+'C+22+>3: `` ACaM

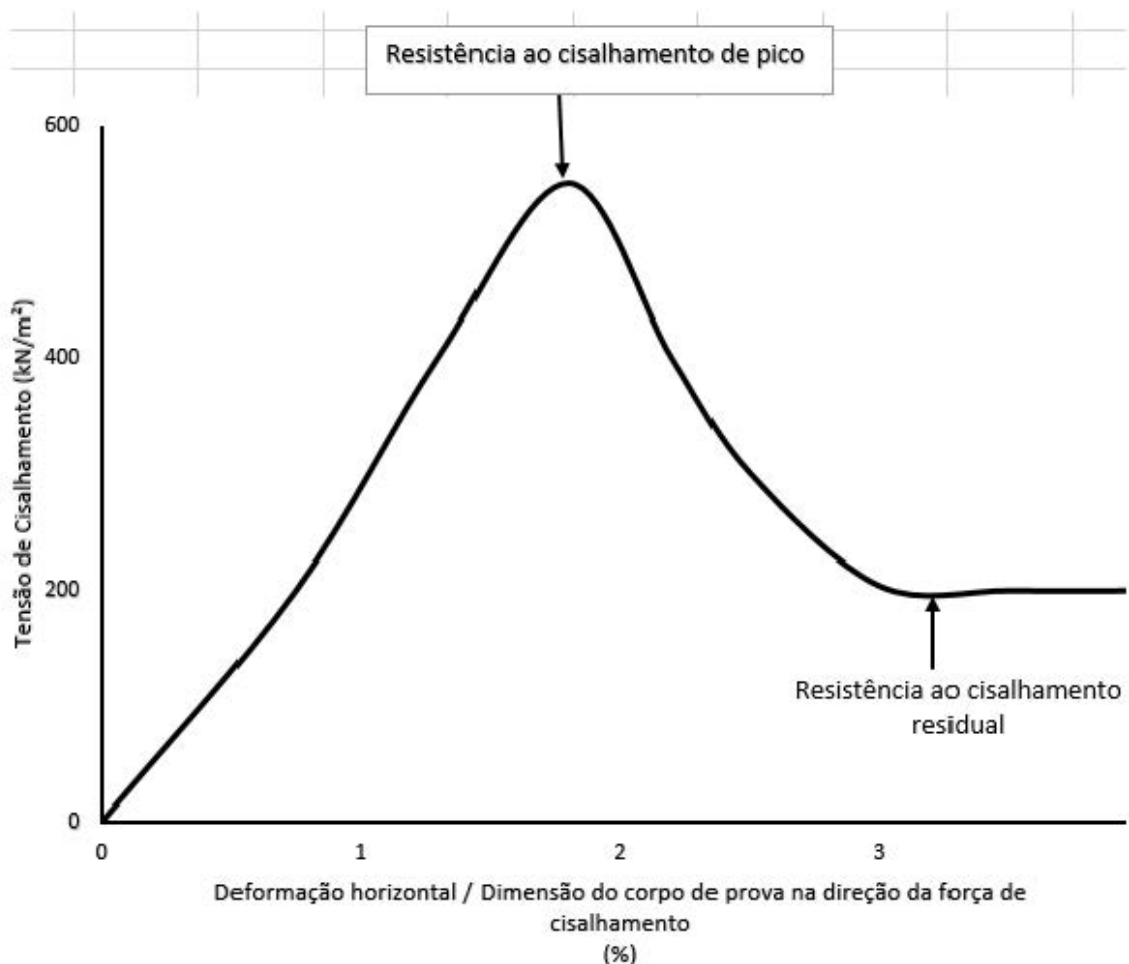
) 2 H: E+'\$ 6H&M8&k&D_FCDI &=& '30*+13-3': 34/4+0' 23>6=*d2/+0
) 1@*<+. 4)' +003>62+2 +' 30*+1/=4+43' 43' 1+22+>3. 0' 43' : /. 32+?8) E.) *+4+: 3. *3' +563=0
-). 0*26J4+0') 6'+=*3+4+0' 73=)': , *)'4)'43.): /. +4)'q':). *. *3rE) 6'7) 2: , *)'4)'43-=>2+4)
-):)'430-). V3-/4) E3'4;') 6*2+0'72) </4L -/+0MN00+' 30) =6?8)'43*32 / . +'563g

• / <R&F&J6&8@@>8&J6&FCDI E H 003: '430+*/*<+4+0') 6' 23:) </4+0' +0
/. 0*+*=?I 30E) 12+0'3'032</?) 0'23H23. -/+4) 0'.) 0'/. -/0) 0'B3'BB4)' +2*MFU

• / <R&Dn&J6&J6Z69 : >8&J6&FCFCE 03@ /: 7=3: 3. *+4)')' 0/0*3: +
+6*): +*/*T+4)'43' +/). +. 3. *)'43' 0/23. 30'/. 0*+*=4+0' H 2+' 4+' : +. -V+' 43'/. 6. 4+?8)'3
) 6*2) 0' : 3-+. /0:) 0' +4356+4) 0' +)' 3H-/3. *3' +>32*+' . +' _F A' `_) . +' 43
F 6*) 00+<+: 3. *) aE/. 0*+*=4) 0'3: '6>+2'03>62) E3'4) *+4) 0'43':) 4)'-). *2+' H=V+0'3:
-+0)'43' 2): 7/: 3. *)'4+' 30*26*62+E-): 7=3: 3. *. 4)') 0' 0/0*3: +0' 43' +/). +. 3. *)
: +. 6+<.)'3: 7233. 4/: 3. *)'3')'23:) *) E7+2+'1+22+>3. 0'563'723-/0+: '*32)' F NCD1

• / <R&Dn&J6&I8H8&J6&FCFFE03@ '430-+2+-*32/T+4+0' +0'1+22+>3. 0'43
: /. 32+?8)'23H23. -/+4+0'.)'/. -/0)'BB4)' +2*MeM

• Q+13' +)' 72) @*0*+E 72) H00). +<= >+<= 3. *3' V+1/=+4)' 73=)
QY(ZNF %Q NFE -+=6=2) 0' H*) 230' 43' 03>62+. ?+' 7+2+' +0' 1+22+>3. 0' 43' : /. 32+?8)
/. 032/4+0'.)' (ACE/. 4373. 43. *3: 3. *3'4)': , *)'4)'-). 0*26*/*<+4) *+4) E-): '1+03'. +
) 2: +'F C(W(C ' #fM& %&' #CE. +0'.) 2: +0'/. *32 +/). +/0'3'. +0'1) +0'72; *-+0'43
3. >3. V+2+>E 03. 4)'L&J=J8H 7+2+' +0' +. ; #030' 43' 30*+1/=4+43' 3' 30*64) 0' 43
060-37*/1/=4+43' 9' #563H?8)' . +' -). 4/?8)' . 8)' 423. +4+'U=&6H&W>=&8&V<8>&J6
H&I@=; M&E Y>8>6H&Q _&V>=&6H&K; S7=&J6&V8 iSj M



Z/>62^u Rg 2 H-) '3K3: 7=H-+<' 4+' 3<)=6?8)' 4+' W8. 08)' 43' Q/0+=V+: 3. *)'-): ' +43H2 +?8)' 43'6: ' -) 27)' 43 72)<+E430*+-. 4)!03' + 230'0*L -/+ 43' 7/-)' .)' -/0+=V+: 3. *)' `56+. 4)' -) 223' + 267*62^u 4+' +:)0*2^u 3' 43=-J. /) +-3. *6+4)' 4+' *3. 08) aM

Q): '<0*+0' +': /. /: /T+2)' 2/0-)' 43' 2): 7/: 3. *) E3: '3073-/+±7) 2 ≠563H?8) E 4+0' 1+22+>3. 0' +=3+4+0' 73⇒)' : , *) 4)' +':) . *. *3') 6' 7) 2 : , *) 4)' 43-⇒2+4)' -):) 430-). V3-/4) E)' 3: 7233. 434) 243<32 g

B X/ <R0n8J 6&H 69 : >8&J 6&FCI E*32 -). -=6J4)' + 3=+1) 2+?8)' 43' 72) @*) *,-. /-) '3K3-6*(<' 43' 430-+2+- *32/T+?8)' 4+' 30*26*62^u ' MM

BB X/ <R0n8J 6&H 69 : >8&J 6&FCFDE-). -=6/2 +0') 12+0' 43' 30*+1/=T+?8)' 4+ 1+22+>3: '3K0*3. *3') 6'+-). 0*26?8)' 43'.) <+ 30*26*62^u 43'-). *3. ?8)' 0*6+4+ +(60+. *3E-). H2 3' 43H /?8)' *, -./-+4)' 72) @)*0*+M

BBXQ). -=6/2 +430-+2+- *32/T+?8)' 4+' 1+22+>3: ' .) 003>6/. *30' 72+T) 0g

/M <R0n8J 6&H 69 : >8&J 6&FCFFE7+2^u 1+22+>3. 0' -): '<)=6: 3' 43' +*, '#& : /=M 30' : nE -). H2 3' -). 0*+ ' .)' Q+4+0*2)' (+-/. . +± 43' C+22+>3. 0' 43 D/. 32+?8)' 4)' AB CD1

//M <R0n8J 6&H 69 : >8&J 6&FCFnE7+2^u 1+22+>3. 0' -): '<)=6: 3' 3. *23'#&3' f" : /=M 30' : nE -). H2 3' -). 0*+ ' .)' Q+4+0*2)' (+-/. . +± 43' C+22+>3. 0' 43 D/. 32+?8)' 4)' AB CD1

///M <R0n8J 6&H 69 : >8&J 6&FCFnE7+2^u 1+22+>3. 0' -): '<)=6: 3' +/:- +43' f" : /=M 30' : nE -). H2 3' -). 0*+ ' .)' Q+4+0*2)' (+-/. . +± 43' C+22+>3. 0' 43 D/. 32+?8)' 4)' AB CDM

; >/. +'#&43' &\$

3: 32>L -/+E 56+± . J<3± H/' +-/). +4) `) 1032<+272) </4L -/+04) '5630*) 'Qa           `a(J<3±# `a( J<3±&          `a(J<3±f	-): 72): 3*: ' + 03>62+. ?+ 4+ 30*26*62+ 3' + 72303. ?+43'062>L -/+0'.) 0*±=6430'43' @0+. *3 3'. +0'): 123/2+0M 3<3!03' <32/H+2.)' BA E) 6' 0) =-/±2 9' 3: 7230+E/. H 2 +?I 30' 0) 123') 0 30*64) 0' >3) *, -./-) 0' 0) 123' + 230'0*L -/+E 732 3+1/±4+43' 3' -): 72300'1/±4+43' 4) 0 : +*32+/0'43'H 6. 4+?8)' 3'4+1+22+>3: '3'03'*+0 2306±4) 0' . 8)' *2+T3: ' / . -32*3T+0' 7+2+ + 3: /008)'4+ c QNM) 2H: E43<3!03' <32/H+2.)' BA '3%6' @. *) +3: 7230+03'H 2+: ' +<+±4) 0') 0' 23±*d2) 0' 43 +64/* 2+0' +. *32) 230' 7+2+ -). V3-/: 3. *)' 4+ 0*6+?8)' 43' -+ 7)' 3' 7+2+ -). V3-/: 3. *)' 4+0 23-): 3. 4+?I 30' H/*+0' 3: '*+0' 23±*d2) 0E3' 03 +0' : 30: +0' H 2+: ' -6: 72/4+0M c 3*3- *4) +>6: ' 72) 1±: + + 7+2*2 4+0' / H 2 +?I 30 -). 0*±. *30' 4)' BA E) H-/+2 + F(D' 3') 3: 7233. 434) 2 5630*) . +. 4)' + -32-+ 4+0 72) </4L -/+0' *) : +4+0' 3: ' </0*+ 4+0 /223>6±24+430'+7) . *+4+0M
&M 6+0' 0' <+> 230' 43' Z+*) 230' 43' A3>62+. ?+ 7+2+g /a-). 4/?8)' 423. +4+ //a-). 4/?8)' . 8)' 423. +4+E7d0'7/-) ///a-). 4/?8)' 70364) 30*, *-+ ' ≠563H/*+a	A3' +1+K) ' 4) 0')(c BQNA B NF BA' -). H 2 3 +72303. *4)' . + W13±#a X/. *: +2 3: 7230+ 7+2+ 236. /8)' 3' +72303. *+?8)' 43' @0*H-+*±+M 2) 7) 2 -3±12+?8)' 43' WF Q' -). *3: 7±. 4)' +) 12/>+?8)' 43' -). *2+*+?8)' 43' +64/* 2+ 3K*32 + / . 4373. 43. *3E 563' 03' 237) 2*±2' +) D Z' 3' 9F(DE7+2+±-): 7+. V±23' +<+±+2+0 : 34/4+0' 43H /4+0' 73±3: 7230+ 7+2+ 0) =6?8) 4)' 72) 1±: + ' -). H 2 3' :) 43±aM) 43!03 *: 1, : ' -V±: +2 + F(D' + 03' : +. /H0*±2 0) 123'+0'6+?8) M
f M 6+0' 7+2G 3*2) 0' *, -./-) 0' H 2+: ' ±<+4) 0 3: ' -). 0/432+?8)' 7+2+ -; =6±' 4)' Z+*) 2 43 A3>62+. ?+ N073-/H+±: 3. *3g f M M F 0' 03?I 30' >3) ±d>/-) !>3) *, -./-+0 +. +±0+4+0' 08)' +0' 03?I 30' : +0' -2*±-+0 4+ 1+22+>3: E 7) 2 3K3: 7± E 03?I 30' 43' : ; K: + +±*62+ `a'ABD'*****'a( wY          f M M V 0' 7+2G 3*2) 0' >3) *, -./-) 0' 3: 723>+4) 0          . +0' ±; ≠030' 43' 30*±1/±4+43'H 2+: ') 1*4) 0' 43          3. 0+ ) 0' ±1) 2+*) 2+/0' 3%6' 43' -+ 7)           `a'ABD'*****'a(wY f M M F' ≠. V± H 2; *-+ 563' -). 0*±. +0' ±; ≠030 43' 30*±1/±4+43' H/') 1*4+ +*2+<, 0' 43' 4+4) 0 43'/. 0*26: 3. *) 0' 43':). /*) 2±: 3. *) `a'ABD'*****'a( wY          f M M F 0' +; ≠030' 43' 30*±1/±4+43          -). 0/432+2+: ' 267*62+0' -/2-6±230E. 8)          -/2-6±230 3%6' ) *: /T+4+0' 73±' 0) H±+23' 43          +; ≠03           `a'ABD'*****'a(wY	s 6+±5632 2307) 0*± q. 8) r' +) 0' 5630*) 0' / . 4/-+ H±>/±4+43'.) ' -; =6±' 4)' H*) 2 43' 03>62+. ?+E 73±' 563' 03' / . 4/-+ 3. -+; / V±: 3. *)' 4) 72)-34/: 3. *)' 7+2+ + A NF %D Z' 7+2+ +; ≠03' 3' / . 4/-+*±<) ' 43'+*6+?8) M

; >/. + #R43' &\$

fMM (+0' +. ; #030' 43' 30*+1/#4+43' H/ -). 0/432+4)' 6: ' : , *4)' 43' +. ; #03' 43 356/312)' ≠: /*3E *+≠ -):)' A73. -32 3%6 D) 2>3. 0*32' 2/-3 `a'ABD''''''''a'(wY	
RMZ) 2+: ' +4) *+4+0' 72) </4L -/+0' 56+. *' 9' 0a +.) 2: ≠+4+43' 0a' 3%6' 4/0- 237G -/+0a') 1032<+4+' 0a' .)' AB CD') 6' 7+2+ +*3. 4/: 3. *' 4+0' 23-): 3. 4+?I 30' -). 0*+. *30 4)' 3≠*d2)' 43' B 073?8)' 43' A3>62+. ?+ 3>6≠2X' BA `a'ABD''''''''a'(wY s 6+0	A3' 23-): 3. 4+?I 30' +/. 4+' . 8)' *<323: ' 0/4) +*3. 4/4+0' X-) 12+2 4+ 3: 7230+ 23>6≠2/T+?8) 4+0' *6+?8) E43H / . 4)' 72+T) MYH- /+2 +F (D' 7+2+ 03': +. /H30*+2 0) 123' + 0' *6+?8) M) 43!03 0) ≠ / *+2 *+: 1, : ' 9' 732I- /+ 4)' D' Z' 563' 4L 7+23- 327). *6+≠0) 123' >2+</4+43' 4) 0 72) 1≠3: +0' 43*3- *+4) 0M
kM+2+1+22+>3: ' -): ' c F' F≡) g { ; ' 0/0*3: + 43' </43):). /*) 2+: 3. *' &R' V) 2+0' 7) 2 4/+ 4+ 30*26*62+ 4+ 1+22+>3: E-): ' +2: +T3. +: 3. *' 73≡)' 72+T) : J. /:)' 43' .) <3. *+ 4/+0E -): 4/07). /1/≠T+?8)' 7+2+ +0' 356/730') 6' 0/0*3: +0 4+0' c 3H30+0' Q/<0' 30*+46+0' 3' H432+0' 3' 4+ F (D'E-). H2: 3' F 2* >)' OEU' f U4+) 2*+2+ . e' O' Mf P°&' #O4+ F (D `a'ABD''''''''a'(wY	307) 0*+ (wY' X -) 12+2 4+ 3: 7230+ 23>6≠2/T+?8)' 4+ 0' *6+?8) E 43H / . 4)' 72+T) M YH- /+2 +F (D' 7+2+ 03': +. /H30*+2 0) 123' + 0' *6+?8) M
\$ M+2+ 1+22+>3: ' -): ' c F' F≡) g Z) / /: 7≠3: 3. *+4)' 0/0*3: + 43':). /*) 2+: 3. *' 43 03>62+. ?+ 43' 1+22+>3: E .) 0' *32) 0' 4) F 2* >)' OEU- +76*4+) 2*+2+/. e' O' Mf P°&' #O 4+ F (D `a'ABD''''''''a'(wY	307) 0*+ (wY' X -) 12+2 4+ 3: 7230+ 23>6≠2/T+?8)' 4+ 0' *6+?8) E 43H / . 4)' 72+T) M YH- /+2 +F (D' 7+2+ 03': +. /H30*+2 0) 123' + 0' *6+?8) M
OMF' 1+22+>3: ' 30*' -): ' +≡6: ' . J<3≠ 43 3: 32>L -/+ +/ .) +4) `a'ABD''''''a'( wY</p> <p>s 6+≠</p> <p>`a' (J<3≠# `a' ( J<3≠&</p> <p>`a' (J<3≠f s 6+0' 72) </4L -/+0' +4) *+4+0	A3' (J<3≠ #' X -) 12+2 4+ 3: 7230+ 23>6≠2/T+?8)' 4+ 0' *6+?8) E 43H / . 4)' 72+T) M YH- /+2 +F (D' 7+2+ 03': +. /H30*+2 0) 123' + 0' *6+?8) M A3' (J<3≠ &) 6' f' X Q) 12+2 +4) ?8)' 4+0 : 34/4+0' / . 4/- +4+0' .)' F NCD E . 3- 300+2+: 3. *3' -): ' 3<+- 6+?8)' 4+ F AE +2*- 6≠?8)' -): ' c 3H30+ Q/</ED N 3') 6*2) 0 +*) 230' 43' >)<32) E +): 7+. V+: 3. *' 4+0 : 34/4+0' 3: 32>3. -/+0' 43' +) =V/: 3. *' 4+0 H: J+0' 23:) </4+0MQ). <)- +2+ 3: 7230+ 7+2+ 72) 7) 0*+ 43' WF Q' 723<3. 4)' : 34/4+0' 43 7+>+: 3. *' 43' +6K≠)' 3: 32>3. -/+≠E:) 2+4/+ 72) </0d2+≠E-). *2+*+?8)' 43' F 00300) 2+ W- . /- +E 230>+*3' 43' +. /: +0E 7+*2/: [. /) -6≠62+≠E3*'' -). H2: 3':) 43≡ 0+ . 3K) 0aM
tMY' F NCD' 30* ; '+*6≠T+4) `a'ABD''''''''a'( wY</p> <p>s 6+0' 08)' +0' 72/. -/7+0 ; 23+0' 3' 30*26*62+0 563' 0328)' +H3*+4+0' 3: ' -+0)' 43' 267*62+ </p> <p>`a'n 23+ 62!+. + `a' ) 4) </+0' 3%6' H22) </+0</p> <p>`a' Q620) 0' VJ42-) 0	307) 0*+ ABD' X) H- /+2 F (D' 3' c 3H30+ Q/<= 7+2+/. H2: +2 03' 30* ; +4356+4) M 307) 0*+ (wY' X -) 12+2 4+ 3: 7230+ 23>6≠2/T+?8)' 4+ 0' *6+?8) E 43H / . 4)' 72+T) M YH- /+2 F (D' 3' + c 3H30+ Q/<≠ 7+2+ 03 : +. /H30*+2 0) 123' + 0' *6+?8) ' 3' +): 7+. V+2+*, 23>6≠2/T+?8) M

; >/. + #k' 43' &\$

'aQ+7*+?8)'43';>6+'7+2+'+1+0*3-/: 3. *) 621+.)'3%6'N0*+?I 30'43'W2+*+: 3. *) 'aN0-) =0EV) 07/*+/0E30*+13=3-/: 3. *) 0 72/0). +/0 'aC3. 0*): 1+4) 0 'a o . /4+430'43'Q). 032<+?8) 'aW322+0/. 4J>3. +0'3%6'Q): 6. /4+430 W2+4/-/). +/0 'aY6*2) 0'1+22+: 3. *) 0M073-/H563M PMNK/03: '0'0*3: +0'43' +32*+ 3H*+<+: 3. *) /: 7=+. *4) 0'7+2+'+7) 76=+?8)'+'(60+. *) 'aABD''''''''a(wY s 6+0 N. -+: /. V3'4)-6: 3. *+?8)'-): 72) 1+*d2+M	s 6+. *)' 90' 30*26*62+0' 563' 0328)' +H3*+4+0E + 7+2*2 4) 0' /3. 0' /. 4/-+4) 0' . +' 2307) 0*+ <32/H+2. 3-300/4+43'43'723</0I 30'3073-JH+0 .)' F NCD')6' +4)?8)' 43')6*2+0 72)</4L -/+0' 73=)' D ' 3: ' 23=+?8)' 9563=0 ;23+0)' 6'30*26*62+0
#''' Z) 2+: ' 23+=T+4) 0') 0' 23073-*)<) 0 *23/. +: 3. *) 0' @. *)'9'-): 6. /4+43 'aABD''''''''a(wY N. -+: /. V3'4)-6: 3. *+?8)'-): 72) 1+*d2+M	307) 0*+ (wY' X -) 12+2 4+' 3: 7230+ 23>6=2T+?8)' 4+' 0*6+?8) E43H /. 4)' 72+T) M YH-/2 F(D' 3' +' c 3H0+' Q/<+/- 7+2+' 03 : +. /H30*20) 123'+0*6+?8)' 3'+-): 7+. V+2 +*, '23>6=2T+?8) M
##M F' c 3-=2+?8)' 43' Q). 4/?8)' 43 N0*+1/+4+43' Xc QN' 43' 03*3: 12)' H' 3: /+4+ 73=+ : 30: +' 3: 7230+' 563' 72) @*) 6' + 1+22>3: ' /. /-/+) 6' +=6: ' 43' 0360 +*3+: 3. *) 0 'aABD''''''''a(wY	307) 0*+ ABD' X { ;' -). 03. 0)' 3. *23') 0 *, -./-) 0 3. <)/4) 0' . +-) . H-?8)' 430*+.) *+ *, -./-+' 43' 563' 032+') /43+! '+') 3<+*2 3<3. *6+ -). H*)' 43' /. *320030' X 563') +64/* 2 2307). 0; <3=73=+ c QN' . 8)' H 003') : 30:)' 563' 72) @*) 6'+1+22>3: ') 6'+=6: ' 43 0360 +*3+: 3. *) 0E+/. 4+' 563' '+' =>0+?8)' 3: </> 2. 8)')' 3K/ @ 3K7+/*: 3. *3MF 00: E+) 23-3132 '+' 2307) 0*+ ABD' 43<32' 032 3. -+: /. V+4+' 0) +/*+?8)' 9' A NF' 43 <32/H+?8)' 4)' 72)-34/: 3. *) E 160+. 4) /. 4/-+*+<) 0' 43' 3<3. *6+0'/223>6=2/4+430M
#&M 6+±: , *) 4)' H' /6*+T+4)' 7+2+' 43H /?8) 4)' : +7+' 43'/. 6. 4+?8) 'a. 3~*) . /+.) ' </43'>=) 00; 2)' XF(NÄY' B 'a . 8)' . 3~*) . /+.) ' </43' >=) 00; 2)' X F(NÄY' B	A3' (NÄ WY(H(Y' X 43<3!03' 3K/ >2 4+ 3: 7230+' 563' 3=1) 23' .)<)' N0*64)' 43 67*62+' { /7) *, *-+ -): ' : +7+' 43'/. 6. 4+?8) -): ' +. ;=03' 3: 723>+. 4)' H6/4) 0' . 8) 3~*) . /+.) 0E) 6' 03 @E0: 6=+?8)' -):)' 03. 4) -): 7) 0*)' 7) 2 ;>6+' 3' 034/: 3. *) 0 -): 7) 0' ?8)' 23+4)' 23 @*) a' 3E. 8)' 0): 3. *) 7) 2 ;>6+' -):)' 032+' . 6: +' +1) 24+>3: . 3~*) . /+.) +M
#fM +2+' 1+22>3: ' -): ' +*3+: 3. *)' + :). *. *3g 56+±)' 732-3. *6+± 43' : +*32+ <+T+4)' 4+' 1+22>3: ' -). 0/432+4)' . +0 0': 6=+?I 30 'a: 3.) 2563' CkÇ 'a/ >6+±) 6': +) 2563' CkÇ	A3': 3.) 2563' CkÇ 'X43<3!03' 3K/ >2/4+ 3: 7230+' 563' 3=1) 23' .)<)' N0*64)' 43 67*62+' { /7) *, *-+ -): ' : +7+' 43'/. 6. 4+?8) -). 0/432+. 4)')' 732-3. *6+±: J. /:)' 43' CkÇ 43': +*32+±<+T+4)' 4+' 1+22>3: M
#RM +2+' 1+22>3: ' -): ' +*3+: 3. *)' + (60+. *3g 56+±)' 732-3. *6+± 43' : +*32+ <+T+4)' 4+' 1+22>3: ' -). 0/432+4)' . +0 0': 6=+?I 30 'a: 3.) 2563' fkÇ 'a/ >6+±) 6': +) 2563' fkÇ	A3': 3.) 2563' fkÇ 'X43<3!03' 3K/ >2/4+ 3: 7230+' 563' 3=1) 23' .)<)' N0*64)' 43 67*62+' { /7) *, *-+ -): ' : +7+' 43'/. 6. 4+?8) -). 0/432+. 4)')' 732-3. *6+±: J. /:)' 43' fkÇ 43': +*32+±<+T+4)' 4+' 1+22>3: M

; >/. +#\$'43'&\$

#kMs 6+± + 4/: 3. 08)' 4)' :) 43⇒)' 6*≠T+4) 7+2+0': 6≠?8) 'a6. /4/: 3. 0)' . +≠!'#c 'a1/4/: 3. 0)' . +≠X&c 'a*2/4/: 3. 0)' . +≠Xfc	Q). 0/432+. 4)' 563'3: ' +>) 0*)' 43' &' #P'+*2+<, 0 4)' YH-/)' Q/2-6⇒2" &&' #P' D Q%QNc NQE+ c 3H30+ Q/<≠ 43' D/. +0' 32+/0' 0) ≠-/)* 6' 90 3: 7230+0' : /. 32+4) 2+0' /. H2 +?I 30 -): 7⇒3: 3. *+230+)' F NCD' ' ⇒.)' 43' F ?I 30 43' N: 32>L -/+ 43' C+22+>3. 0' 43' D/. 32+?8) aE +≡: ' 43' *32 3. -+ : /. V+4)' 6: ' W32)' 43 3H32L -/+ -): ' 4/23*2/T30' 7+2+3⇒1) 2+?8)' 43 30*64) 0' 43' 267*62+ V/7) *, *-+ 43' 1+22+>3. 0 'q4+: ' 123+Éra'.)' N0*4)' 43' D/. +0' 32+/0E3 -). 0/432+. 4)' +/. 4+ 563' 6: + 4+0' 3K>L -/+0 4+ c 3H30+ Q/<≠ , ' + 3-300/4+43' 43 3⇒1) 2+?8)' 4+0' 0': 6≠?I 30' 43' 72) 7+>+?8) 4+0'). 4+0' 43' -V3/+ +*2+<, 0' 43' :) 43⇒ 1/4/: 3. 0)' . +≠ ' &c a' 03' + 2307) 0*+ 4) : /. 32+4) 2 H2 o (B B D N(A B Y(F \ ' X 43<303 3K>/2 4+ 3: 7230+ 563' 3⇒1) 23' .) <)' N0*64) 43' 67*62+ { /7) *, *-+ 6*≠T+. 4)' :) 43⇒ 1/4/: 3. 0)' . +≠) 6'+*, '2/4/: 3. 0)' . +M
#\$M 6+±)' : , *) 4)' 43' H=V+ -). 0/432+4)' .) 0 30*64) 0' 43' 267*62+ V/7) *, *-+ 'a>+⇒+: 3. *) 'a32) 08)' /. *32 + 'a/. 0*+1/+4+43 'a=563H?8)	A3')' 30*64)' . 8)' 3<) 6' 3: ' -). 0/432+?8) +⇒6: ' 430030': , *) 4) 0E3K>/2 4+ 3: 7230+ 563 3⇒1) 23' .) <)' N0*64)' 43' 67*62+ { /7) *, *-+ -): ' : +7+ 43' /. 6. 4+?8)' -). 0/432+. 4)' *) 4) 0 30030': , *) 4) 0' 43' H=V+M
#QMN: '- +0)' 43' 30*64)' 43' 267*62+ V/7) *, *-+ 7) 2 ≠563H?8) E H/' -). 0/432+4)' #""Ç' 4) : +-/?)' .)' -; =6⇒' 4)' <)=6: 3':) 1/≠T; <3+ 'aABD' "" "" "" 'a(wY	307) 0*+ (wY' X 3K>/2 4+ 3: 7230+ 563 3⇒1) 23' .) <)' N0*64)' 43' 67*62+ { /7) *, *-+ -): ' : +7+ 43' /. 6. 4+?8)' -). 0/432+. 4)' #""Ç 4)' : +-/?)' .)' -; =6⇒' 4)' <)=6: 3':) 1/≠T; <3+)' -+0)' 43' 267*62+ V/7) *, *-+ 7) 2 ≠563H?8) M
#t M ;') 6*2+ 0a' 1+22+>3: ` 0a' +:) . *. *3') 6 + 60+. *3' 4300+ 1+22+>3: ' 0) 1' +. ; ≠03 'aABD' "" "" "" 'a(wY s 6+±' /0a N: ' -+0)' 7) 0/*<) E)' 30*64)' 43' : +. -V+ 43 /. 6. 4+?8)' ' 4+: ' 123+Éa H/' H/*) '3: -). H2 /4+43'-): ' +) 2*+2+. UO' M P%#O c (D	307) 0*+ ABD' X 06>323!03' +. ; ≠03' -). 6. *+ 4) 0' 72)-34/: 3. *) 0' 23H23. *30' + 300+0 1+22+>3. 0E /. -=60<3' .)' 563' 03' 23H23' +) F NCD M
#PMF 0' ≠-3. ?+0' +: 1/3. *+/0' 3. -). *2+: !03 <≠4+0 'N. -+ : /. V3'-d7/+M 'aABD' "" "" "" 'a(wY	307) 0*+ (wY' X Q) 12+2 4+ 3: 7230+ 563 72) <43. -/3' + 23.) <+?8)' 4+0' ≠-3. ?+0 +: 1/3. *+/0M

0BDDFF' Q). 06≠*+ </+ AB CD' 7) 43' 032 H/*+ 7+2+) 1*3. ?8)' 43' /. H2 +?I 30
62>3. *30' 0) 123') 0' 72/. -/7+/0' 4+4) 0' 4+ 1+22+>3: MA3' V) 6<32 +. 3-300/4+43' 43') 1*3. ?8)' 43
4+4) 0' -): 7⇒3: 3. *+230' !'-):)' +<32/H-+?8)' 4)' V0*d2-) ' 4+ 1+22+>3: ' 3' -). V3-/: 3. *) 4) 0
23≠*d2) 0' 43' /. 073?I 30' 23>6⇒230' !' 7) 43' 032 0) ≠-/(*4)' 9' A NF' + -). 06≠*+ +)' A/0*3: +
+*2+<, 0' 43' 6: ' +. +≠0*+ 732/-/+M

=Q/α@6&& 69 : >8&8J6&: <6>α16& Y8>9 =M6H&8& K) g

• (+1+1+ #a'a. 7H8HM8&6&6678H&89 &=>9 6; <8bg-): 7/≠?8)' 43
/. H2 +?I 30' 0) 123' + 1+22+>3: E43. *23' +0 56+/0' 03' 30*, ' +* <+) 6' 430+* <+4+E.) : 3' 3

; >/. + #043' &&

Q(]'4+'3: 7230+'563'-). 0*26/6+'1+22+>3: '43. *23') 6*2) 0'4+4) 0'23=3<+. *30M

• ('+' +1+' &a'a+ 88>J6; =J=H&J8&S6; <8&J=&S>7H=bg +=; : ' 4+0 -)) 243. +4+0'>3)>2; H-+0' 4+'1+22+>3: E-=-+. 4)' . +' 23H2/4+' +1+' +7+23- 32; '+/ : +>3: 43'0+*, ≠3'4)')>3'N+2*VM

• ('+' +1+' fa'a" 78&6&6'678&>9 =Z6; =J8bg/. H 2 '+' I 30' 23H23. *30+) D/., 2)' 72/. -/7+≠ 72303. *3' .)' 23032<+*d2)' 1' 03' 0) H36' 2) -300)' 43' 13. 3H-/+: 3. *) 1 2) 46*) 0' 56J: /-) 0' 6*≠T+4) 0E 03' '+' 1+22+>3: ' +2 +T3. '+' 23@*) 0'23046) 0' 563 -). *3. V+: ' Q/+ 3*)') 6': +*32/+≠ *dK-) E 13: ' -):)' +72303. *μ *μ: 1, : ' W8) 2 `Ç a' 4) : /., 2)' 72/. -/7+≠/. 032/4)' .)' 23@*) M

• ('+' +1+' Ra'a+>=S<6>dHS=H' RS; 7S=Hbg /. H 2 '+' I 30' 23=*<+0' +) 0 4+4) 0'*, -. /-) 0'4+'1+22+>3: E*+/0-):) g+=*62+': ; K: '+' 4)' 72) @*)' ≠-3. -/+4)' 3')' +*6+≠ -): 72/: 3. *)' 4+' -2'0*μ 4)' 72) @*)' 3')' +*6+≠' *7)' 43' H. 4+?8) E*7)' 43' +≠3+: 3. *)' 3 : , *) 4)' -). 0*26*μ<)' 4+'1+22+>3: M

• ('+' +1+' k'a- H=J8&J6& 8; H>U=H8&J=& =>=I 69 bg 56+. 4)' H/' + 4+*μ 4+' ^≠*: '+' /. 073?8)' 23>6=≠E 4+4) 0' 43' 732-) =?8) E) 6' 03@E 03' V; ' 062-L -/' . +0 ; 23+0' 43' @0+. *3'-): ' -+22+: 3. *)' 43': +*32/+≠) 6'-): ' <+T8)' -230-3. *3') 6'/. H≠2+?8) 4)' : +*32/+≠ -). *4) E-): ' 7) *3. -/+≠43'-): 72): 3*μ: 3. *)' 4+' 03>62+. ?+' 4+' 30*26*62+': -): ')' 6' 03: /: 7=μ. *μ?8)' 4+0': 34/4+0'-) 223*μ<+0'. 3-300; 2+0l' 4+4) 0' 43' 43H 2 '+' I 30' 3' 23-+≠563E03 3K0*3: ' *2/. -+0-): ')' 6' 03: ' : . /*) 2+: 3. *)' 3%6' *2+*μ: 3. *) E 13: ' -):)' /. H 2 '+') 0 4+4) 0' 23=μ*μ<) 0'9-). H+1/≠4+43' 4+0' 30*26*62+0' 3K*2<+0) 2+0M

• ('+' +1+' \$'a' A; 8& J6& ! 6l @≠; Mbg 4+4) 0' 23=≠-/. +4) 0' 9 4)-6: 3. *μ?8)' 43' 72) @*) E03' *3: ' 72) @*)' q-):)' -). 0*26J4)' '&/C3#*ar)' 6' q-):)' 30*; '&/#ar E 03' '+' 3: 7230+' 7) 006/' 30*26*62+)' 2>+. /T+-/). +≠ 3' 56+≠H-+?8)' *; -. /-+' 4) 0 72) H00). +/0' . '+' 356/73' 43' A3>62+. ?+' 4+' C+22+>3: E 03' 7) 006/' D+ 6+/' 0' 43 2) -34/: 3. *) 0' 7+2+ B 073?I 30' 43' A3>62+. ?+' 3' D) . /*) 2+: 3. *) E F NCD' !' =μ.)' 43 F ?8)' N: 32>3. -/+≠' 56+. 4)' 3K/>4)' 73= 'd2>8)' H0-+≠T+4) 2aE03' 3: /3' 23>6=2 3. *3') 6 . 8)' 3=μd2) 0' 43' /. 073?8)' 3' : . /*) 2+: 3. *)' 4+' /. 0*26: 3. *μ?8)' 3' 43' F. ; ≠03' 43 A3>62+. ?+M

• ('+' +1+' Oa. =; 8& 8<6; S7=Abg 4+4) 0' 0) 123')' <)=6: 3' 43' 72) @*) ≠-3. -/+4)' 3')' +*6+≠4)' 23032<+*d2)' ' 3: ' : maE3K0*L -/+43' 7) 76=μ?8)' '+' @0+. *3E03') /: 7+-*)' +: 1/3. *μ≠; '/. 0>. /H-+. *3E0>. /H-+*μ<)') 6': 6/*' 0>. /H-+*μ<)' +>2+<+4)' '+' +1+22+>3: ' +2 +T3. '+' 23@*) 0') 6' 23046) 0' 0d=4) 0' -≠00/H-+4) 0' . '+' Q=003' B!' 32>) 0) 0 03>6. 4)' '+' (C ' #"" R&"" Ra' 3' 03')' /: 7+-*)' 0-/-) 3-). [: /-)' , '/. 3K0*3. *3E 1+K) E : , 4/)' 6'+≠*) M

• ('+' +1+' t'a. 6SA>=M8&J6& 8; J7M8&J6& H=; 7AJ=J6&S ! \$ bg . + -)=6. '+' -3. *2+≠V; '6: ' J-). 3' q 3056/0+2r MQ≠+. 4)!03' .)' q*3: ' 3056/0+2r +123!03' 6: + 7;>/. '+' -): ' 1+22+' 43' 2) =>>3: '). 43' 30*; ')' c 7H>78&J=&6; <6l =&J=H& 8; J7M6HJ6 -H=; 7AJ=J6 `c QNaM c 3<3!03' 8; H>U=>H&H=H&F&N @H&pA79 =H& + - H&Y8>9 6; <6l @HMQ) . H 2 3' 723-). /T+' '+') 2*+2+' . e' O' Mt P%&' #CE)' 3: 7233. 434) 2 ,) 12/>+4)' '+' 3. *23>+2J @H& + - qH&W8>=& 8J &H; J8&@ =&69 89 =>M&6&8@=&69 H&69 : >8M '+' 0356L -/+E43<3!03' -≠-+2 .)' J-). 3'a. 8r ; 8=J& . , bl&=&=&=&J767=& J=&W17=&J=& 6: &6&U6>7S=>H&H=H&J6SA>=M6H88>9 &=<6H=J=HE) 6' 03@E 03' + 1+22+>3: ' 3: ' 5630*8)' *3<3' 06+' 30*+1/≠4+43' H0/-+' 3' V42; 6≠-+' +*30*+4+' +2+<, 0' 4+ c QN' +00/. +4+' 7) 2 72) H00). +≠43<4+; 3. *3' V+1/≠*4)' 3' 7) 2 7300)' H0/-+' 43': +) 2 +6*) 2/4+43'. '+' V32+256/' 4+' 2>+. /T+?8)' /. *32 '+' 4+' -/*4+' 3: 7230+' +2*MB&Eu'^. /-) aM 300+≠!03' 563E 73=μ .) 2 '+' 4+' F (D E 6: '+' 4+0' 43-≠2+?I 30' 7) 43' 032 3: /4+' 73= 72d72)' -) 27)' *; -. /-) 4)' 3: 7233. 434) 2 3' '+') 6*2+ 723-/0+' 032 3: /4+' 7) 2&@J 78>7=

; >/. '+' #' 43' &\$

: Q&8U7^; S7=H&W>7d=H& W8>=M6H&: <7=H&8& K) e

W3. 4)' 0/4)' /43. *H-+4) 0' / . 4J-/) 0' 43' +.) 2 -+4+43' 3%6' 4/0-237G -/+0' .)

AB CD E06>323!03'+4) ?8) '4+0'03>6/. *30'72) </4L -/+0g

- YH-/+2+F (D'3'5630*) . ; !='0) 123'+0'^=: +0'</0*) 2/+0'23+T+4+0'. +1+22+>3: 1' 0) 123' 3<3. *6+/0' . 8)' -) . H 2 /4+430! 0) 123' + 3K/0*L -/+ 43' +>6: 4)-6: 3. *)'0) ≠-/*. 4)'-) 223'8)'4+0'. 8)'-). H 2 /4+430'/43. *H-+4+0'3'03'300+0'H 2+: *2+*4+0'43': +. 3/2'0+*0H*d2+'73≡': /. 32+4) 2+M
- YH-/+2 +': /. 32+4) 2+E 2356/0*4)' /. H 2 +?I 30' 3' 4)-6: 3. *+?8) -): 72) 1+*d2+'0) 123') 0'7) . *)'0'+03>6/2g
 - s 6+/0'+0': 34/4+0'+4) *4+0' 56+. *)'9'0a' +.) 2 -+4+43'0a' 3%6 4/0-237G -/+0a') 1032<+4'0a' .) 'AB CD M
 - s 6+/0'+0'</>L -/+0'4+0'≠3. ?+0+: 1/3. */0M

(+ V7d*303' 43' *)4)0') 0' /*3. 0' <32/H-+4)0' . 8)' +72303. *23: ' /. 4J-/) 0' 43 +.) 2 -+4+43' 3%6' 4/0-237G -/+0'3'+1+22+>3: '3: '+. ; ≠03' . 8)' H 2 +≡3+4'73≡': , *)4)' +: .) . *. *3E 3: ' 72/. -J7/) E + 1+22+>3: ' <32/H-+4+' . 8)' +72303. *+ 72) 1≡: +0' 56+. *)'9 30*1/≠4+43' H0/-+ 3' V/42 6≠+Mc 300+ H 2 +E)' 72)-300)' 43' +. ; ≠03' 4)' BQ' 7) 432' 032 H. +≠T+4) MN. *23*. *)E -+0)' +>6: ' 4)0' /*3. 0' +. +≠0+4)0' *3. V+ +72303. *4)' /. 4J-/) 0' 43 +.) 2 -+4+43' 3%6' 4/0-237G -/+0E 43<3!03' 03>6/2 +4/+. *3' -): ')' 72)-300) E 23+≠T+. 4) / . /-/+≡ 3. *3')'5630*) . +. 3. *)'9'3: 7230+3'9'F (D'0) 123'+0'+.) 2 -+4+430'3'56+/0'H 2+: +0': 34/4+0'*) : +4+0'7+2'0+. 3; !=0M

c 3' 7) 003' 4+0' 2307) 0*+0' 4+' F (D' 3' 4+' : /. 32+4) 2+' 3' 4)0' 4)-6: 3. *)0 23-31/4) 0E43<3!03' HT326: +' +. ; ≠03'-2/*32') 0'+4) 0': 30:) 0M) 0'4)-6: 3. *)0'3. </+4) 0'73≡ F (D'E43<3!03') 1032<+2 56+. 4)' +F >L -/+ 23+≠T) 6'++^=: +</0*) 2/+' . +1+22+>3: '3' H&H 6j 7^; S7=H&67=H&8&9 W66; J6J8>&8>9 &@ W7J=HMA3' . 8)' *<323: '0/4)' -6: 72/4+0E3 V<3. 4)' /. 4J-/) 0' 43' +6: 3. *)'43' 2/0-)' 43' / . -/43. *3') 6' +-/43. *3' `2346?8)' 43' H*) 230' 43 03>62+. ?+' 7+2' <+≡ 230' / . H32) 230' +) 0' 3K/>4) 0'7) 2 .) 2 +0' *, - . /-+0E3073-/H-+ 3. *3' 73≡ F C (W (C ' #fM&%&'#O 3' 30)=6?8)' #f%&'#P 4+' F (D aE H&6>6[H&S8; U8S>&8 69 W66; J6J8>&6&& &W>=&6@ 7L' + H: ' 43' 563' @0*H563')' . 8)' +*3. 4/: 3. *)'4+0 23-): 3. 4+?I 30'4+'F (D M

300+≡*!03' 563' -+0)' +>6: ' . J<3≡43'3: 32L -/+ 3. V+ 0/4)' 43-≡2+4)' 7+2' +1+22+>3: E13: '-): ')'03'V) 6<32 23>/0*2) 0'43'/. -). H 2 /4+430E+): 7+. V+4+0'43'/. 4J-/) 0' 43 +6: 3. *)'43' 2/0-)' 43' / . -/43. *3') 6' +-/43. *3' `2346?8)' 43' H*) 230' 43' 03>62+. ?+' 7+2' <+≡ 230' / . H32) 230' +) 0' 3K/>4) 0'7) 2 .) 2 +0' *, - . /-+0aE+≡: '4+0'72) </4L -/+0'/. 4/-+4+0' .)'s 630/*')'O 4+' W+13≡' &E06>323!03' f @&6&8YS7& &W>=&8S6J6>&7H8>7&9 6>16; S7=M

F / . 4+E56+. *)'90'72) </4L -/+0'+0323: '*) : +4+0'+7d0' -). 06≡+)' AB CD'3 23-31/: 3. *)'4+0'2307) 0*+0'+) 0'5630*) . +. 3. *)'0'06>32/4) 0'. 30*3'/*3: E/ . 4/-+!03g

• 2):) <32)' +256/<+: 3. *)' 4) 0' 72) -34/: 3. *)' 0' / 0*+62+4) 0' .)' G 1/*
4)' D Z' 23=*)' 0' 90' 1+22+>3. 0' 563'. 8)' 30*3@ ' / 032/4+0' . + (ACE3K-3*)' 03' V) 6<32
/ H 2 +?I 30' 0) 123' 2/0-) 0' 9' 30*26*62+ 3' 43' 2): 7/: 3. *)' 563' 7) 00+: ' +H3*+2+ 7) 76=78)
3')': 3/)'+: 1/3. *3M

• F-): 7+. V+2) 6': 30:)' +256/<+2)' 72) -34/: 3. *)' -+0)' +0' 2307) 0*+0
+) 0' 5630*)' . +: 3. *)' 03@ ' 0+*0H*d2+0' 3' . 8)' 03' /43. *H563' . 3. V6: ' / 4J-/)' 43
72) 1=3: +0M

• Q+0)' 03@ /43. *H-+4+' +>6: '+' .) 2 +>4+43' . +0' 2307) 0*+0' 3. </+4+0E
) 6' . 8)' *3. 4)' 0/4)' 7) 00J<3+>)' D 3: 12)' 23+>T+2 '+' . ; #03E 0) #-/ *+2 4) -6: 3. *+78)
3073-JH-+ ' 72dK:)' / *3: a' 3' 3. -+ : / V+2) 0' : 30:) 0' 9' 732I-/+' *; -./-+ 3%) 6' H2 +2
<6> 8&J6&= @H6&J6&S8; J @=S89 &= 7 6=J8> &= 6&6&V6U> &=S8; <= <= M8J & H
S @H=H= 9 7 6=J8> | @J6&S8A: 8>J8>6H6U6; < @7H8 @V>78H2+ / 6 *5&V> &= 6=V> >
<= &=; ' A6M Q):)' 3K3: 7> 3: ' 0' *+?I 30' 03: 3=V+. *30E- / *+: !03') 0' -+0) 0' 3: ' -620)' . +
D %) 60)' F >23' -): ' WF Q' 3' F Q ' 3: ' 430H<) 2 4+ R CE. + D %D +2+1; E-):
F Q ' 3: ' 430H<) 2 4+ h+>3' A%6' 3'. + D % F C & E-): ' WF Q' H2 +4)' 3. *23' D Z' 3+
3: 7230+QA(M

0F& 6f @H M8&6&J8S@ 6; <8H&; ' A6&J8H8S@ 6; <8H&6f @H=J8H&V>8U7 ^; S7=H

(8)' *3. 4)' 0/4)' 7) 00J<3+>)' 2) -62+4) 2 4+ 37^1#-+' 23+>T+2 '+' . ; #03' 4+0
2307) 0*+0' +) 0' 5630*)' 0' 2307) . 4/4) 0' 73=+' / 32+4) 2+)' 6' 03')' D 3: 12)' /43. *H-+2 72) 1=3: +0
)' AB CD') 6' . +0' 2307) 0*+0' 9' 5630/*+78)' 23+>T+4+E 43<3!03' 2356/0/*+2 4) -6: 3. *+78)
+4/-/). +>7+2+)' 3: 7233. 434) 2+ H: ' 43' 3. </+2) 0' : 30:) 0' +) 0' 3073- /+>0*+0' 4+ 32I-/+' 4)
D ZMB 4/-+!03' 2356/0/*+2g

#MQd7/+0' 4/> /*+0' 4)' pA7 8&S 6A<V>8&' RS; 78&J=&S 6U7H8& 6>7J7S=&J6
! 6I @=; M&J6& =>=I 69 &S' !) 0 3' 4) 0' &N>H2pA7 8H&S 6A<V>8H&J6& ; H6M8&J6
! 6I @=; M&S 6I @A>&N ! S OM W: 1. : EJ6U6&H>&f @H8; =J8&H6=&6f @V6&6j <=>=
S8; <=>=J=&V>=&6j 6S@M8&J8H&pA7 8H& &N>^H&S ! S &S89 &= &+ - &S7&= 6H &= & @
6j 6S@8 @S&V8\6-8&7 7S7&J=& =>=I 69 &S @S&V8\6-8&J6& A @ &J6&H6 @R=A6=9 6; <8H
N0=>23-303' 563E -+0)' '+' 1+22+>3: ' . 8)' 7) 006+' '+' ^>: '+' c 3=>2+78)' 43' Q). 4/78)' 43
N0*+1/+4+43' `c QNa') 12/>+*d2+EJ6U6&H>&=W6H6; <=J8&8& ' , &S 6A<V>8&' RS; 78&J=
S8; H2AS>7&6j <=>=& @6I @ H78 @&=6I =7= &= &+ - M

&MQd7/+ 4/> /*+> 4)' >6A<V>8& <RS; 78&S89 &=; ' A6H&J6&6H&= 7J7=J6
W8=: 7AHS=E -+0)' 3K0*+M(3003' 23=+d2) E 43<32' -). 0*+2 '+' H. *3' 4) 0' <+> 230' 4) 0
7+2G 3*2) 0' >3) =d>(-) !>3) *; -./-) 0' 3: 723>+4) 0' . +0+ . ; #030E)') 7D&B+ 60+4)' 7+2+ 23+>T+2
+0+ . ; #030' 43' 30*+1/+4+43E13: ' -):)' '+' : 3*) 4) =>+>3: 723>+4+M

fM VW=&J77=&J8&6A<V>8&RS; 78&J6&@V@=& 78<RTS=&40/ !B. #070M
(3003' 4) -6: 3. *)' , ' 3-300; 2)' -). 0*+256+>+': 3*) 4) =>+>H' / 3: 723>+4+7+2+43' 32' / . +78)
4+ 267*62+ V/7) *; *+>E/. 4/-+ . 4) g/a' 56+>() 7D&B+ H' / 3: 723>+4) l' //a' 03' +':) 43=>3: ' H' / &c
) 6' f c l' //a' 03')' : +*32+>4) ' 23032<+*d2) ' 0': 6=>4) ' H' / 0): 3. *3'; >6+)' 6'; >6+)' 3' 23@J' l' /<a
56+0' : , *) 4) 0' 43' H=V+0' H 2+ : '+' . +>0+4) 0l' <a' 56+>+ 56+ . *4+43' 43': +*32+>E3: ' 732-3. *6+>E
4)' 23032<+*d2) ' H' / -). 0/432+4) ' #132+4) l' <a' 56+>+ , '+' ; 23+ 43' / 6. 4+78)' '+' (60+ . *3' 723</0*+
3</43. -/+4) ' ; 23+0' 230/43. -/+0' 3' 43' 6*#>T+78)' 7^1#-+H' </a' 56+0' 08)' '+' 0' T). +0' 43
+6*) 00+>+ : 3. *) l' <///a' 56+0' 08)') 0' 7). *) 0' 43' 3. -). *) l' /Ka' 03')' ^>:)' 30*64)' 43' &
2B+&E H' / 3H3*6+4)' 43' +>24)' -):)' ' W32')' 43' 3H3L -/+ 4+ c 3H30+ Q/<=E N0*+46+>) 6
D 6. -/-7+>E3. *23') 6*2) 0M

; > . '+' &' 43' &S

RMQd7/+ 4/>/*± 4)' A; 8&J6& M8&J6& 9 6>I ^; S7=&W>=& =>>=I6; H&J6
7, 6=>M8&N / -) (OE-): ') 0'43</4) 0'-): 72) <+. *30'43'563') '563'30*; '72) 7) 0*)'.) ' =>.)
30*; '03. 4)' -6: 72/4) MY' F NCD '43<32; ' </2+): 7+. V+4)' -): ') ^=>: ')': +7+'43'/. 6. 4+?8)
23+T+4) E-6@/256/<)' 3-3*2[. /-)' 43<32; *32) 'H2 +*)' -): 7+*J<3±-): '0) H~ +230'*/0'-):)
:)) %4+/F&B0' 3K*3. 08) 'É: T) 6'É: =a'3'F 2- /0' (0&6+7#+(aM

kM& +0' 3: 7230+0' -): ' : =>>=I6; H&J6& 6/678H&J6& 7, 6=>M8&H9 & +- E)
-6: 72/: 3. *)' 4+0' .) 2 +0' 4+' F (D' 3' + 23+T+?8)' 43' .) <+0' +. ; ≠030' 43' 30*+1/≠4+43E
723H23. -/+≡ 3. *3+. ; ≠03'72) 1+1/≡0%-+'43'267*62+)-): '4+4) 0'+*6+T+4) 0M

\$M&) -6: 3. *+?8)' -): 72) 1+*d2/+ 4)' S@ W>D 6; <8&J8&>18&k&J =& 8>=>7=
; k&CP_gI HCDh'4+0'3: 7230+0'-): '1+22+>3. 0'43'23@/*' 0'43': / . 32+?8)' -): 'c F'F =>M

OM&) -6: 3. *+?8)' -): 72) 1+*d2/+ 43' 563' + 4/23*) 2/+ 4)' 3: 7233. 4/: 3. *)' *3:
-). V3-/: 3. *)' 4)' F NCD '3'4+' . 3-300/4+43'4)' 036' -6: 72/: 3. *)' E13: ' -): ') 4)' -; =6=>'4)
2/0-)' :) . 3*/T+4)' 4+' 1+22+>3: E-+0)' 3K0*+M

0P_&8: >6&&6S6H&J=J6&=&<@=M8&J6&H&S7=AH=H

{ ; '/. ^: 32+0' 0/*+?I 30' -6@ -): 7=>K/4+43' 3' 2/0-) 0' /: 7I 3: ' + 43: +. 4+ 7) 2
3073-/+≠0*+0MN0*30' 7) 4328)' 032 2356/0/*+4) 0' .) 0' 72d72/) 0' 56+42) 0' 732/-/+0' 4)' D ZE) 6
43: +. 4+4) 0' 3K*32 +: 3. *3M; '3K0*3: ' -+0) 0' 13: !06-34/4) 0' 43' 7+- *6+?8)' -): ' +0' 3: 7230+0
: / . 32+4) 2+0' 7+2+ 563' 3=0' 72d72/+0' +2563: ' -): ') 0' -60*) 0' 4) 0' 032</?) 0' 43' -). 06=>) 2/+0
/ . 4373. 43. *30'3' -). *2+*+?8)' 43'3073-/+≠0*+0' 7+2+*3. 4323: ') D ZMF =>6. 0' 3K3: 7=>0' 4/00)
08)' +0' -). 06=>) 2/+0' 3K*32 +0' 7+2+ =><+. *+: 3. *)' 4/+>. d0%-)' .) ' -+0) 4)' 430+0*23'43'D +2/+ +E
-6@0' 72) 7) 2'I 30' 3' -): 7=>K/4+43' . 8)' 7) 432+: ' 032 +*3. 4/4) 0' 7) 2' 732*) 0' 4)' D Z' 3E: +/0
23-3. *3: 3. *3E)' -+0) 43' B*+*/+6?6E-): ' -+2+ *32I0%-+0' 4/H23. *30E7) 2563'+*3. 43: ' +) D Z
7+2+0610/4;! =>' . ++. ; ≠03'3'+-): 7+. V+: 3. *)' 43'6: +1+22+>3: '3: ' . J<3±43'3: 32>L -/+&M

Y' 3073-/+≠0*+ X' 03@ 3=>3' 032</4) 2 4)' D Z') 6' -). *2+*+4)' 7+2+ + *+23H' 43
-). 06=>) 2/+ X' 7) 432; ' 23+T+2 6: + +. ; ≠03' -2'32/) 0+ 3' 3=1) 2+2 6: ' 7+23-32 *; -. /-) E-):
430*+563' 7+2+ + 30*+1/≠4+43' H0/-+ 3' V/42; 6≠-+ 4+' 1+22+>3: E13: ' -): ') 7+2+ + 3H-; -/+') 6
. 8) a' 4)' 30*64)' 43' 267*62+ V/7) *, */-+MF =: ' 4/00) E43<3' H-+2 0) 123' + -). H2 /4+43' 4)
F NCD' -): ') 0' V&2) 0' 43' 3H2L -/+0' 4) 0' d2>8) 0' 43' -). *2) =>3' 30*+46+0') 6': 6. /- /7+0M
N: ' 23+?8)' 9' 30*+1/≠4+43' H0/-+ 3' V/42; 6≠-+E)' 7+23-32 43<32; ' 2307) . 432 03') 0' 72/. -J7/) 0
=>>+0' 3' +0' 1) +0' 72; */-+0' 43' 3. >3. V+2/+ 43' 03>62+. ?+ 43' 1+22+>3. 0' H2+: ' +*3. 4/4) 0E13:
-): ') 03') 0' 7+2G 3*2) 0' >3) =d>/-) !>3) *; -. /-) 0' 3: 723>+4) 0' . +0' +. ; ≠030' 43' 30*+1/≠4+43' 08)
06H-/3. *30E-). H; <3/0' 3' H434/>.) 0' 9' 23+≠4+43' 4+' 1+22+>3: ' 3' 03'+0' +. ; ≠030' 43' 30*+1/≠4+43
3: ' 0' 08)' -). H; <3/0M& 3' />6+≠H2 +E)' 7+23-32 43<32; ' / . H2 +2 03') 0' 4+4) 0' 1; 0'-) 0E) 0
-2/* 2/0' 3') 0' 2306-+4) 0' 4) 0' 30*64) 0' V/42) =d>/-) 0' 3') 0'-; =6=>0' V/42; 6≠-) 0' 08)' -). H; <3/0M

N0-≡23-3!03' 563') ') 1@/*<)' 72/. -/7+≠ 4)' 3073-/+≠0*+ , ' HT32 6: + +. ; ≠03
*, -. /-+ 7) 2 3.) 2/T+4+' 3' /43. *H-+2 72) 1=>: +0' 56+. *)' 9' / . *3>2/4+43' H0/-+ 4+' 1+22+>3: E
-+0)' 3K0*+: M I8&R&@ M8&J8&H&S7=AH= / . *32) ') 6' 3K*32) '=V8; <=>E 8>6=>8&A@Q6H
7+2+) 0' 3<3. *6+0' 72) 1=>: +0' /43. *H-+4) 0E : +0' 0/: ' +<+≠+2 +0' 3<3. *6+0' 0) =6?I 30
+72303. *+4+0E03' 3=0' 3K0*23: M

>/. ++'&\$

+*/. >/4+E -6: 723' +)' D/. /0*, 2)' ^1≠-) ' +<+≠2 +'. 3-300/4+43' 43' 3K/2 4+' 3: 7230+
2307). 0; <3≠73⇒)' +-/). +: 3. *)' 4)' F NCD')' 23-). V3-/ : 3. *)' 4)' 4/23/*)' + 6: +'+00300) 2/+
*, -./-+ / . 4373. 43. *3E 43' :)4)' + 732: /#2 563' + +≠64/4+ 7+2*/- /7+?8)' 03@ 3H* <+M{ ;
3K732/L -/+0' 72, </+0E-). H 2 3':) 43⇒ 0' +. 3K) 0E-). -31/4+0'.)' 03/) '4+' +*6+?8)': / . /0*32/+
23+≠T+4+' 3: ' H-3' 4) 0' 4+.) 0' -+60+4) 0' 73⇒) 2): 7/: 3. *)' 43' 1+22+>3. 0' 3: ' D +2/+ + 3
C26: +4/. V) M

N: ' 0J. *303E 6: + <3T 43H. /4)' 563' + 3: 7230+' 2307). 0; <3≠ 73⇒' 1+22+>3:
-60*3+2; +'+00300) 2/+ * , -./-+E3⇒' 032; '/. 0*#6J4+ 7) 2 3. */4+43E3: ' 23>2+' 03: ' H. 0' =6-2+*/<) 0E
30-) ⇒V/4+ 73⇒ 0' +*/. >/4) 0' . + H 2 + 43' 4/07) 0' I 30' -). */4+0' 3: ' *32)' 43' 23H2L -/+
3⇒1) 2+4)' -): + 7+2*/- /7+?8)' 4+0' 7+2*30' 73⇒' D/. /0*, 2)' ^1≠-) MF' 3. */4+43' *2+1+≠V+2; '-):
)') 1@*/<)' 43' +7) /+2 *3-./-+ : 3. *3') 0' +*/. >/4) 0' 3: ' 0360' 72) -300) 0' 43' *) : +4+' 43' 43-/08) E
-): 6. /-+?8) E) 2>+. /T+?8) E7+2*/- /7+?8) E13: '-):)' 3: ' 06+0'/. *32+?I 30'-): +': / . 32+4) 2+3
)' D/. /0*, 2)' ^1≠-) '</0+. 4)' + 237+2+?8)' / . *3>2+≠4) 0' 4+.) 0' 3<3. *6+≠ 3. *3' 0) H/4) 0M

F' 3. */4+43' 43<3' 032 / . 4373. 43. *3' 3: ' 23⇒?8)' 9' 3: 7230+' 3' 43H. 432; ')
/. *323003' 4) 0' +*/. >/4) 0E) 1032<+. 4)' +0': 3⇒V) 230' 72; */-+0' 3' *, -./-+0' 72) H00/). +/0' 3K/0*3. *30M
c 3<32; E +/. 4+E 7) 006/2 3K732*03' . +0' : +*, 2+0') 1@*)' 4+' +00300) 2/+ * , -./-+E *+/0' -):) E
3K3: 7≠H-+*/<+: 3. *3E N. >3. V+2+≠E 3) ⇒>+≠E W 7) >2H+≠E F 256/*3*62+≠E D 34-/ . +E
0/-) ⇒>+≠E A) -/) ⇒>+≠E F 00/0* L -/+ A) -/+≠E F. *2) 7) ⇒>+≠E c /23/*' E43':) 4)' + 563' 7) 00+;
032 43</4+: 3. *3' +1) 24+4) 0') 0' +073-*) 0' @2I4/-) 0E43' 0+^43' H0/-+ 3': 3. *+≠E032</?)' 0) -/+≠E
*2+1+≠V)' 3' 23. 4+E :) 2+4/+ 3' / . H+30*26*62+≠E -): 6. /-+?8) E ; >6+≠E 346-+?8) E 730-+ 3
+>2/-6*62+≠E0+^43'+. /: +≠E3*-E+H*+4) 0' 73⇒)' +-/). +: 3. *)' 4)' F NCD M

Y0' *2+1+≠V) 0' 4+' 3. */4+43' 43<328)' 032 H/*' 0' . + H 2 + 43' ⇒.)' 43' V2+1+≠V)' 3
⇒. /≠V+ 43' Y22+: 3. *)' c 3*+≠V+4) E 3. <) <3. 4)' 43' : +. 3/2+' 7+2*/- /7+*/<+ +0' 7300) +0
+*/. >/4+0
) 1032<+. 4)' +0'. 3-300/4+430' 7) 23⇒0'+72303. *+4+0M' 72) 46*)' 72/. -/7+≠563' 03' +≠ 3@-): +
/. 0*#6/?8)' 4+' +00300) 2/+ * , -./-+ , ' + 3⇒1) 2+?8)' 43' 6: ' 7⇒.)' 43' 237+2+?8)' / . *3>2+≠E
+00300) 2+. 4)' +0'-): 6. /4+430' +*/. >/4+0'. +0'+I 30' 23⇒- /). +4+0' 9'/. 43. /T+?8) E +<+≠?8)' 4) 0
4+.) 0' 3' 23*) : +4+4) 0':) 4) 0' 43' </4+M

(30*3' 03. */4) E7+2+' +/43. */H-+?8)' 4) 0' */7) 0' 43' /: 7+-*) 0' 0) H/4) 0' 7) 2 300+0
7300) +0' 3: ' 06+0' </4+0E43<328)' 032-). 0/432+4) 0E+≠; : ' 4)' 430⇒-+ : 3. *)' -): 76=0d2)' 3' 4+
7324+' 4+' *322+' 3' 43') 6*2) 0' 13. 0E*+: 1, : +073-*) 0'-):)' + 7324+' 6' 230*2/?8)' 43' +300)' +) 0
23-620) 0'. 3-300; 2) 0' 9' 2372) 46*8)' 4)':) 4)' 43' </4+' +. *32) 2) 6'+06+0' H. *30' 43') -67+?8) E
23. 4+' 6': 3) 0' 43' 060*3. *) M

u&- / !&' %* %K / !&- &/ \$ \$ / K- !

Q). H 2 3' 723</0*)' . +) ⇒*-+ (+-/). +≠ 43' A3>62+. ?+ 4+0' C+22+>3. 0E
4/H23. *30' */7) ⇒>+0' 43' 1+22+>3. 0' 7) 0063: ' 4/H23. *30' d2>8) 0' H0-+≠T+4) 230MF 00': ' 03. 4) E

; >/. +&' 43' &\$

-+4+'d2>8)'H0-+≠T+4) 230*+13=3- 3'06+0'23>2+0'3073-JH-+0M

()' -+0)' 4+' F>L -/' (+-/). +≠ 43' n>6+0' `F (F aE 3≠' , ' 2307). 0; <3≠ 7) 2
H0-+≠T+2+'03>62+. ?+'43' 1+22+>3. 0'43' +6: 6≠?8)'43'; >6+0'≡ -+≠T+4+0'3: '2) 0'43'4): J. /)
4+' o. /8)' 7+2+'0' 56+0'3: /*6') 6*) 2+≠E-): '3K-3?8)' 4+563≠0' 6*/≠T+4+0' 7+2+' +>32+?8)' 43
3. 32>/' 3≡ *2/-+MW 4) 0') 0' 3: 7233. 434) 230' 43' 1+22+>3. 0' H0-+≠T+4+0' 73≠' F (F' 43<3:
) 1343-32 9' 30) =6?8)' F (F' . U &f \$%&' #OE 563' 30*+13=3-36' + 732) 4/-/4+43E 56+≠H-+?8)
, -. /-+ 3' -). *3^4)' 4)' ≡.) ' 43' A3>62+. ?+' 43' C+22+>3: E 4+0' B 073?I 30' 43' A3>62+. ?+
3>6≠23'N073-/+≠E4+ 3</08)' 32/d4/-+'43' A3>62+. ?+'43' C+22+>3: '3'4)' ≡.) '43'F ?8)' 43
N: 32>L -/+M

()' -+0)' 4+0' 1+22+>3. 0' 43' +6: 6≠?8)' 43'; >6+≠+ B 073?8)' 43' A3>62+. ?+
3>6≠2 43<32; '032 23+≠T+4+E.) ': J. /:) E6: +<3T 7) 2+.) ' 3' + 732) 4/-/4+43' 4+ 3</08)
32/d4/-+' 43' A3>62+. ?+' 43' C+22+>3: ' ` ACa' <+2+' 43' k' + #& +.) 0' + 4373. 432 4+
-≠00/H-+?8)' 4+ 1+22+>3: MW8: !03E+/. 4+E 563')' ≡.) ' 43' F ?8)' 43' N: 32>L -/+` F Na
*: 1, : '43<32; '032+*6+≠T+4)' +. 6+≡ 3. *3M

N: ' 23≠?8)' 90' 1+22+>3. 0' 430%. +4+0' 9' >32+?8)' 43' 3. 32>/' 3≡ *2/-+' -+13' 9
F>L -/' (+-/). +≠43' N. 32>/' N≡ *2/-+' `F (NN\ a'+H0-+≠T+?8) M(30*3' -+0) E43<3!03'03>6/2+
30) =6?8)' () 2 +*<+'. e' \$P\$%&' #k' 563' 30*+13=3-36' -2*, 2) 0' 7+2+' -≠00/H-+?8) EH 2 6≠?8)
4)' ≡.) '43' A3>62+. ?+'3' 23+≠T+?8)' 4+ 3</08)' 32/d4/-+'43' A3>62+. ?+M

+2+' +0' 1+22+>3. 0' 430%. +4+0' 9' >32+?8)' 43' 3. 32>/' 3≡ *2/-+≠E *3: !03' 563')
3: 7233. 434) 2 43<32; '3≠1) 2+2)' ≡.) '43' A3>62+. ?+'4+0' 30*26*62+0' 43. *) '4) 0' ≠: /*30' H +=
3
/. *32: 34;/ 2)' 30*+13=3-/4) 0' . + 30) =6?8)' () 2 +*<+'. e' \$P\$%&' #kE563' <+2+' 43' &`4) /0a'+R
'56+*2) a'+.) 0' + 4373. 432 4)' . ^: 32)' 43' 1+22+>3. 0' 7) 2 3: 7233. 434) 2! . 30*3' 72+T)' *: 1, :
43<32; '032+*6+≠T+4)')' F NMN. *23*. *) E1+22+>3. 0' -≠00/H-+4+0'-):) 'qF r' 73≠' 30) =6?8)
43<3: ' *32 0360' ≡.) 0' 43' A3>62+. ?+' 3≠1) 2+4) 0' 3: ' +*, ' 6: ' +.) M +2+' 30*+0' 1+22+>3. 0' +0
/. 073?I 30' 43' 03>62+. ?+' 23>6≠2 43<328)' 032 23+≠T+4+0' 03: 723' 563' V) 6<32+≠*32+?8)' 4)' . J<3=
43' 03>62+. ?+' 4+' 1+22+>3: E) 1032<+4+' + 732) 4/-/4+43' ≠: /*3' 563' <+2+' 43' \$': 3030' +&+.) 0
4373. 43. 4)' 4+' -≠003' 4+' 1+22+>3: M

]; '56+. *) '9' C+22+>3: '43' 3@*) 0' 4+' /. 0*≠≠?8)' o. /4+43' 43' W2+*. 3. *) '43
D/., 2) 0' `o WD a' Q+4+0E0) 1' 2307). 0+1/≠4+43' 4+' Q): /008)' (+-/). +≠43' N. 32>/' (6-≠3+2
'Q(N(aE43<3'032 23073/*4)')' 723-). /T+4)' 73≠') 2*+2+' . e' &k^&' #P' 563' /. 0*%6/')' ≡.) '43
F ?8)' 23≠*<)' +)' -). *) ≡3' 23>6≠*d2)' 0) 123' +C+22+>3: '43' 3@*) 0' 4+' o WD !Q+4+0MW2+*!
03'4+' ^. /-+' 1+22+>3: ' -): '30*3' *7)' 43' 23@*)' .) '7+J0M

F'>2+. 43' 4/H 23. ?+' 3. *23' +0' 1+22+>3. 0' 43': /. 32+?8)' 3' +0' 43: +/0' 1+22+>3. 0
30*, ' . + : 3*) 4) ≡>/' -). 0*26*≠+MA): 3. *3' . +0' 1+22+>3. 0' 43': /. 32+?8)' *3: !03' 6: +
-). 0*26?8)' 7) 2 3*+7+0E) 6' 03@E+' 30*26*62' <+' 03. 4)' -). 0*26J4+' -). H 2 3' +'. 3-300/4+43' 43
+6: 3. *) '4+' ; 23+' . 3-300; 2+' 7+2+' +):) 4+2') 23@*) ' 3E 7+2+' *≠E H T! 03' 60)' 43' 6: ' 4) 0
: , *) 4) 0' -). 0*26*≠) 0' 4+0' 1+22+>3. 0' 43' *322+M(+0' 43: +/0' 1+22+>3. 0E3: '>32+≠E+' -). 0*26?8)

; >/. +&R43' &\$

03'4; '3: '6: +^./-+3*+7+M

F'73-6#÷2/4+43'4+0'1+22+>3. 0'43': /. 32+?8)'HT-): '563E4)'7). *)'43'</0*+
43'3. >3. V+2/+E+0'1+22+>3. 0'43': /. 32+?8)'3-300/*3: '43': +/)2+*3. ?8)E7)/0'+*)4)'*3: 7)
03'30*, '-). 0*26/. 4)'+'30*26*62+'3'3K/>3!03E*+: 1,: E: +/)2-). *)⇒3'3':). /*)2+: 3. *)'4+0
3*+7+0'+. *32)230'@3K/0*3. *30'4+'1+22+>3: M

];'7+2+'0'1+22+>3. 0'563' +6: 6⇒: ' ;>6+E)'72: 3/2)'3.-V/: 3. *)'4)
23032<+*d2)' , '+'H03': +/0'43÷-+4+'4+'30*26*62+MF 0'30*+*J0*÷-+0'43'+-/43. *30'. 30*3'*/7)'43
1+22+>3: ' :)0*2+: '563'+'>2+. 43': +/)2+'4)0'72)1⇒: +0')-)223'462+. *3')'3.-V/: 3. *)'4)
23032<+*d2)'3' .)'72: 3/2)' +.)'06103563. *3MN<3. *6+/0' H=V+0'30*26*62+/0')6'43
30*+. 563/4+43'3K/0*3. *30'03': +./H0*+: '-): ')0'72: 3/2)0'-+223>+: 3. *)0'3'732-)⇒?I30M;
+0' H=V+0'43')2>3: 'V/42; 6÷-+0'03': +./H0*+: '3: '0'*6+?I30'563'2356/0*+: '3K*23:)
4303: 73. V)'4+0'30*26*62+0'÷-+. +/0E-+V+0'3'<32*34)62)0aE4+J'V; '1). 0'3'03>62)0':)*/<)0
7+2+'30*+2+*3. *)'+'0'-; =6⇒0'V/42; 6÷-)0M

Ñ'+'() *+M

Q((#\$&) !+/- &* &) !- #/##&' +\$*+H

5 %&- &\$- "/ !& *5/ & *v %

Q))243. +4)2'4+'RSQQ
A6172)-62+4)2! 32+±4+' 37^1÷-+

+%*/ %& %
D 3: 12)'4+'RSQQ
A6172)-62+4)2! 32+±4+' 37^1÷-+

. / \$+w&/ "/ / & " % - * * %
D 3: 12)'4+'RSQQ
A6172)-62+4)2! 32+±4+' 37^1÷-+

xG* - "/ & R/ x/ \$. %&/ 5 / *+ / " &- &*) Go G- \$ o G-
D 3: 12)'4+'RSQQ
A6172)-62+4)2! 32+±4+' 37^1÷-+

/ *- y / . \$- &/ / v %&- &!! !
D 3: 12)'4+'RSQQ
A6172)-62+4)2! 32+±4+' 37^1÷-+

, z " / &' / \$- + . / &- &%G{ / &%\$ Kv
D 3: 12)'4+'RSQQ
2)-62+4)2' 3>). +±4+' 37^1÷-+

; >/. +'&&'43'&\$

. / - * & # ! / \$ & { - \$ - . % & 5 - * %
A3-23*, 2/)!NK3-6*(<)'4+RSQQ
2)-62+4) 24+ 37^1≠+ +

{ / & / xG- \$ % & %) / ! & - & % G { /
Q)) 243. +4) 2+4)' WRSQQ '!'A3>62+. ?+3: 'C+22+>3. 0
2)-62+4) 2+4+ 37^1≠+ +

, * z 5 / & \$! " / & / 5 / \$ - ! & % \$ \$ - !
D 3: 12)'4)' WRSQQ '!'A3>62+. ?+3: 'C+22+>3. 0
2)-62+4) 2+4+ 37^1≠+ +

*/ GS % & % - * v % & G % \$
D 3: 12)'4)' WRSQQ '!'A3>62+. ?+3: 'C+22+>3. 0
2)-62+4) 24+ 37^1≠+ +

\$ - / " % & - & \$ - " / ! & % G { / & / + v / . %
D 3: 12)'4)' WRSQQ '!'A3>62+. ?+3: 'C+22+>3. 0
2)-62+4) 24+ 37^1≠+ +

() *+0

#M P Q2/0*+g, ' + 06732H-/3' 7=+. +.)' * 7)'4+ 1+22+>3: M () 2 += 3. *3E+/-2/0*+ , '60+4+ -):)'6: + 30*2+4+ 7+2+
2; H>)'43'<3J-6=>0) 6'7+2+H- /≠+2+) 732+?8) E/. 073?8)'3': +. 6*3. ?8)'4+ 1+22+>3: M

&M P F =3+: 3. *) 0g 3<3. *6+= 3. *3', '. 3-300; 2/)' +. 7=+2 + -+7+/-/4+43' 43' +2 +T3. +. 3. *)'43'6: + 1+22+>3: '43
23@/*)0': 34/+ . *3'+-). 0*26?8)'43'+=3+: 3. *) 0E563'08)')0+6: 3. *) 043'+=62+4)0': +/?)04)'1+22+: 3. *) M

fM P c /07). J-3= 3: g V**70g%2/16. +43: /. +0M): M2%) *- /+0%/4+43%k!" &&' #P%b+22+>3: !3: !/>23@ V+!<+!
4) 12+2-+7+/-/4+43!43!23@/*) 0M*: =MF -300)'3: '##') 6*M&' #PM

RM P Y' 0/0*3: + 3K*2+<+0) 2, '2307). 0; <3=73= 23*2+4+ 4+ ;>6+ +6: 6=4+ .) 0 23032<+*12) 0' /. -=60'<3'. +563=30
43' 23@/*) 0 43': /. 32+?8) aE03. 4)')'<32*34) 2 6: '4) 0 72/. -/7+/(0 -): 7). 3. *30 430*3' 0/0*3: +E3' *3: ' +H6. ?8)'43
-). 46T/2+ ;>6+ 3K-343. *3'43'H 2 +03>62+ 7+2+H 2+4+ 1+22+>3: MA32<3' 7+2+3=; /. +?8)'4)'3K-300)'43'; >6+ 3
-):)'4/00/7+4) 243'3. 32>+M

kM Ph 32 =>00; 2/) M

\$M P 30/0*L -/+ 43' 7/-) g, ' + -V+: +4+ 30*+1/=4+43' -). *2+)' >+*=V)') 6' 7d0!>+*=V) M6 3' +-) 24)' -): ' +F C(W
(C ' #fM& %&' #CE, ' 72)/1/4)' 563' +0 +; =030 43' 30*+1/=4+43' 3' 30*64) 0 43' 060-37*1/=4+43' 9' ≠563H?8) E
/. 4373. 43. *3' 4)' *7)' 43' 1+22+>3: ' 43' 23@/*) E +72303. *3: ' <+> 230 43' H* 2 43' 03>62+. ?+ / H2) 230 + #fM
306: /. 4) E +*, '6: + 43*32 /. +4+ *3. 08)' +: +00+ 563' 03' 3. -). *2+ . + 1+22+>3: ' 230/0*3' -): ' 43*32 /. +4+
43H 2 +?8) MF 7d0 +*. >/2 6: ' : ; K:)' 43' *3. 08)' `230/0*L -/+ 43' 7/-) aE +: +00+ <+/' 03' ≠563HT32E
/. 4373. 43. *3: 3. *3' 03' +. 4+ -). *. 6+ 03. 4)' 23+T+4+ +=6: + 723008)') 6' . 8) MF 00: E +7d0 +=+. ?+2 +
230/0*L -/+ : ; K: + '7/-) aE V; ' 267*62+ 3' 43H 2 +?8)' 4+ 1+22+>3: ' /223<320/<3= 3. *3M(+ H>62+ f' *3: !03
43:) 0*2+4) -):)' + 230/0*L -/+ 43' 7/-)' , ') 1*4+ +*2+<, 04)' >2; H-) *3. 08)' K43H 2 +?8)'4) 0': +*32+ /0M

; >/. + &\$'43' &\$



MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL

Assinatura/Certificação do documento **PGR-00106016/2020 NOTA TÉCNICA nº 1-2020**

Signatário(a): **NIVIO DE FREITAS SILVA FILHO**

Data e Hora: **25/03/2020 18:21:52**

Assinado com login e senha

Signatário(a): **ZANI CAJUEIRO TOBIAS DE SOUZA**

Data e Hora: **25/03/2020 13:11:26**

Assinado com login e senha

Signatário(a): **JULIETA ELIZABETH FAJARDO CAVALCANTI DE ALBUQUERQUE**

Data e Hora: **25/03/2020 12:50:42**

Assinado com certificado digital

Signatário(a): **DANIEL CESAR AZEREDO AVELINO**

Data e Hora: **25/03/2020 14:29:12**

Assinado com login e senha

Signatário(a): **FATIMA APARECIDA DE SOUZA BORGHI**

Data e Hora: **25/03/2020 12:12:18**

Assinado com login e senha

Signatário(a): **NICOLAO DINO DE CASTRO E COSTA NETO**

Data e Hora: **24/03/2020 18:16:57**

Assinado com login e senha

Signatário(a): **DARCY SANTANA VITOBELLO**

Data e Hora: **25/03/2020 10:30:05**

Assinado com login e senha

Signatário(a): **ALEXANDRE CAMANHO DE ASSIS**

Data e Hora: **25/03/2020 11:52:17**

Assinado com login e senha

Signatário(a): **FLAVIA CRISTINA TAVARES TORRES**

Data e Hora: **24/03/2020 18:31:31**

Assinado com certificado digital

Signatário(a): **RENATO DE FREITAS SOUZA MACHADO**

Data e Hora: **24/03/2020 18:32:57**

Assinado com login e senha



MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL

Assinatura/Certificação do documento **PGR-00106016/2020 NOTA TÉCNICA nº 1-2020**

Signatário(a): **LAURO COELHO JUNIOR**

Data e Hora: **24/03/2020 20:07:57**

Assinado com certificado digital

Acesse <http://www.transparencia.mpf.mp.br/validacaodocumento>. Chave CCF1E9B4.C65539C3.9F5B18F8.1D6D00E5



MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL
4ª CÂMARA DE COORDENAÇÃO E REVISÃO
– Meio Ambiente e Patrimônio Cultural –

ANEXOS

ANEXO 1 – SUGESTÕES PARA UTILIZAÇÃO DO SIGBM

Objetiva-se, neste anexo, orientar quem vai lidar com segurança de barragens de rejeitos de mineração, desenvolvendo um olhar atento aos pontos mais relevantes no Sistema Integrado de Gestão de Segurança de Barragens de Mineração (SIGBM), da Agência Nacional de Mineração (ANM), criado para gerenciar as barragens de mineração no território nacional. Há link aberto ao público em geral - <https://app.dnpm.gov.br/Sigbm/publico> - possibilitando o acesso a alguns dados das barragens de rejeitos de mineração, inclusive com tutoriais por vídeo.

1.1 Após entrar no SIGBM <https://app.dnpm.gov.br/Sigbm/publico>– haverá a tela inicial do sistema (Figura 01) que possibilitará vários tipos de consulta (utilizou-se como exemplo a barragem B2 auxiliar, situada em Rio Acima-MG)

Figura 01 – Tela inicial onde aparecem as várias formas de consultar as barragens no SIGBM.

Após inserir o nome da barragem do seu interesse e clicar em “pesquisar”, aparecem (no rodapé) as primeiras informações, inclusive a pontuação de risco em que se encontra a barragem. Após, clique no primeiro item julgado relevante da pesquisa: a aba “Dados Cadastrais”. Nessa aba se obtêm as principais informações sobre a barragem pesquisada, conforme se verifica na aba esquerda da tela.

Identificação

Nome Barragem: BARRAGEM R2 AUXILIAR
 CNPJ / CNPJ: 08.446.702/0001-05
 Nome/Razão Social: Nacional Minerária Sa
 Atividade Principal: Extração Mineral

1 - Disposição de Rejeitos com Barramento
 2 - Coordenadas do Centro da Crista
 3 - Tipo de Rejeito Armazenado
 4 - Características Técnicas
 5 - Estado de Conservação
 6 - Plano de Segurança
 7 - Dano Potencial Associado
 8 - Declaração de Condição de Estabilidade - RISR

Declarar Condição de Estabilidade

Pesquisar Declarações

Motivo da Escolha: ☒ Todos ☐ Campanha de entrega ☐ Exigência de Fiscalização ☐ Revisão Periódica
 (Março ou Setembro)

Período de Entrega: até

Nome da Barragem	Data da Realização da DCE	R1/Declaração	R1/Implementação	Download PDF
Campanha de entrega (Março ou Setembro)	28/03/2019 10:00:01	Roberto Moreira Moura Filho	Júlio César Maia	
Campanha de entrega (Março ou Setembro)	20/03/2019 14:20:06	Roberto Moreira Moura Filho	Isaacson Alexandre de Oliveira Junior	

Figura 02 – Dados Cadastrais

1.2 Após consultar a aba “**Dados Cadastrais**”, sugere-se clicar nas abas de 1 a 7, onde é possível encontrar dados relacionados a barragem, tais como: 1) Disposição de rejeitos com barramento; 2) Coordenadas do centro da crista; 3) Tipo de rejeito armazenado; 4) Características técnicas da barragem; 5) Estado de Conservação; 6) Plano de segurança e 7) Dano Potencial Associado – DPA.

1.3 Em seguida, clique na aba item 8 “**Declaração de Condição de Estabilidade - RISR**”. No centro da tela encontram-se itens pesquisáveis da barragem investigada. Clicando-se no “Pesquisar” abre-se uma página com barra de rolagem onde está o histórico das DCEs, os Rts e ícones para *downloads* (aba *downloads* PDF), bem como a Classificação da Barragem.

1.4 Clicando na aba “**Download PDF**” é possível baixar a cópia do arquivo da DCE e da ART do técnico responsável pela elaboração dos trabalhos que declarou, ou não, a estabilidade da barragem, acompanhado da assinatura da maior autoridade da empresa que responsável por tal DCE. (Figura 3).

Data da última inspeção: 10/01/2019

Declaro para fins de acompanhamento e comprovação junto ao DNPM, que realizei a inspeção de Segurança Regular de Barragem na estrutura acima especificada conforme relatório de Inspeção de Segurança Regular de Barragem, elaborado em 28/03/2019, e atesto a estabilidade da mesma em consonância com a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 e Portarias DNPM vigentes.

Brasília, sexta-feira, 29 de março de 2019

Marcelo Raul
 Cargo: Não informado
 CREA: 5060456794/D

Figura 03 – Declaração de Condição de Estabilidade



MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL
4ª CÂMARA DE COORDENAÇÃO E REVISÃO
– Meio Ambiente e Patrimônio Cultural –

ANEXO 2 - GLOSSÁRIO

Análise de estabilidade:

Análise de estabilidade determinística: é a análise quantitativa expressa sob a forma de um coeficiente ou fator de segurança. Matematicamente o fator de segurança é definido como a expressão do balanço entre as forças resistivas (aquelas que tendem a manter o material imóvel) e as tensões cisalhantes (aquelas que forçam o material a se movimentar) ou, de maneira simples, é a razão entre as forças que estabilizam sobre as forças que instabilizam a estrutura. Os dados empregados nessas análises são geralmente os valores médios, mas nem sempre são os mais representativos, devido às incertezas, e principalmente, às diferentes condições de composição dos materiais naturais.

Análise de estabilidade probabilística: é uma análise que normalmente é baseada na obtenção de índice de confiabilidade através do qual se permite quantificar a probabilidade de ruptura. Os parâmetros de entrada na análise probabilística são tratados como variáveis aleatórias. Cada variável pode ter qualquer valor dentro de um intervalo determinado, com uma probabilidade de ocorrência especificada. Assim sendo, tem-se uma quantificação das incertezas inerentes aos materiais naturais, tornando possível identificar quais parâmetros que influenciam mais significativamente no problema da estabilidade.

Anomalia: qualquer deficiência, irregularidade, anormalidade ou mau funcionamento que possa vir a afetar a segurança da barragem.

“As built” e “as is”: São projetos civis que mostram a situação da barragem. O “as built” (“como construído”) apresenta como a barragem foi construída, ou seja, apresentará todos os detalhes construtivos da estrutura e se os mesmos foram executados conforme projeto. Já no “as is” (“como está”) são mostradas informações da construção da situação atual da barragem, ou seja, quais são as características civis da estrutura no momento de elaboração de tal documentação. Ambos os documentos são exigidos por lei e são de essencial relevância para identificação de problemas pretéritos.

Barragem: qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas.

Barragem com DCE Garantida: – Barragem que possui declaração de condição de estabilidade (DCE), por meio da qual é garantida a sua segurança com base no relatório técnico de segurança e sua respectiva anotação de responsabilidade técnica – ART.

Barragem desativada: estrutura que não está recebendo rejeitos e/ou sedimentos oriundos de sua atividade fim mantendo-se com características de uma barragem descaracterizada, eis que deixou de possuir função de barragem, atendendo a adequada condição de segurança, de acordo com projeto técnico.

Condição drenada: a água flui livremente para dentro ou para fora de um maciço granular (em geral, solo) em resposta a algum carregamento ou descarregamento. Para a condição drenada, todo o sistema de drenagem interna (filtros, drenos e saídas de água) está funcionando conforme projetado.

Condição não drenada: a água não flui livremente nos interstícios de um maciço de solo (às vezes, saturado) em resposta a um carregamento (colocação de carga extra, como exemplo, alteamento) ou descarregamento (inverso do carregamento). Neste caso, ocorrem variações de tensões totais e, conseqüentemente, excessos (ou alívio, se descarregamento) de poropressão, nas proximidades do ponto de aplicação da carga. Para ocorrer a condição não drenada é necessário surgir **deficiências nos sistemas de drenagem em geral**, o que dificulta e/ou inviabiliza a saída da água.

Declaração de Condição de Estabilidade - DCE: documento assinado pelo empreendedor e pelo responsável técnico que o elaborou, atestando a condição de estabilidade da estrutura em análise, com cópia da respectiva ART.

Liquefação: fenômeno que ocorre a partir da perda da capacidade de suporte de um maciço de solo, induzida por aumentos significativos de poropressão, fazendo com que as partículas que compõem o solo “flutuem” dentro de um líquido (em geral água) e ocorra a perda do contato físico entre elas. Esse fenômeno se manifesta, em geral, sob condições não drenadas.

Mapa de inundação: produto do estudo de inundação, compreendendo a delimitação georreferenciada das áreas potencialmente afetadas a jusante, por uma eventual ruptura da barragem e seus possíveis cenários associados, que objetiva facilitar a notificação eficiente e a evacuação de áreas afetadas por esta situação.

Modos de falha em barragens:

Erosão Interna (piping): A ruptura por erosão interna ocorre quando a percolação (água que passa pela barragem) pelo maciço ou pela fundação não é controlada pelo sistema de drenagem interna da barragem, permitindo assim o carreamento de material.

Galgamento: A ruptura por galgamento ocorre quando o nível d'água do reservatório supera a cota da crista da barragem/dique, provocando erosão do talude de jusante da estrutura, reduzindo paulatinamente a espessura do maciço, até o seu rompimento total.

Instabilização: A ruptura por deslizamento ocorre por falta ou perda de resistência do maciço ou da fundação. Neste caso, a elevação da superfície freática no interior do maciço e o aumento das subpressões a jusante pode levar ao colapso da estrutura.

Percolação: movimento subterrâneo da água através do solo ou rocha, especialmente nos solos ou maciços saturados ou próximos da saturação. Quando a quantidade de água que infiltra se torna maior que a capacidade de absorção desse maciço, ocorrem perdas de água por percolação.

Monitoramento da barragem: Ações e medidas realizadas no intuito de confirmar que os critérios de projeto estão sendo obedecidos e para garantir a estabilidade física da estrutura. Dentre os diferentes tipos de monitoramento tem-se:

Monitoramento de deslocamento: Monitoramento cujo objetivo é identificar deslocamentos verticais e/ou horizontais na barragem que podem dar origem a deformações na estrutura e, por consequência, comprometer sua estabilidade física. Esse monitoramento pode ser realizado presencialmente com o emprego de instrumentos de topografia (como estações totais) ou pode ser operado remotamente (automatizado), sendo esse último o mais empregado atualmente. Podem ser utilizados equipamentos modernos de alta precisão, tais como inclinômetros, radares, laser, *scanners*, entre outros. A Portaria ANM nº 70.389/2017 prevê que **barragens com DPA (Dano Potencial Associado) alto, com existência de população a jusante com pontuação 10 e com características técnicas com método construtivo contendo pontuação 10, precisam de monitoramento em tempo integral**, tido como o adequado à complexidade da estrutura, sendo responsabilidade do empreendedor a definição da tecnologia, dos instrumentos e dos processos de monitoramento. Além disso, as **informações precisam estar disponíveis para as equipes ou sistemas das Defesas Cíveis estaduais e federais e da ANM e, ainda, possuir videomonitoramento contínuo 24 horas por dia e os dados armazenados pelo prazo mínimo de 90 dias.**

Monitoramento de nível e pressão de água: Monitoramentos realizados através de medidores de nível d'água e por piezômetros, respectivamente. Esses instrumentos são instalados na fundação da barragem, no maciço da barragem, nas ombreiras, no reservatório (só nível d'água) e nos arredores da estrutura a fim de verificar se a linha freática está de acordo com o projetado e para possibilitar o acompanhamento do comportamento da linha freática e evitar que os níveis de alerta e atenção definidos na Carta de Risco sejam atingidos. Esse monitoramento pode ser realizado manualmente ou automatizado.

Monitoramento sísmico: monitoramento realizado visando identificar vibrações devido à presença de sismos naturais ou induzidos e, por consequência, seus efeitos sobre a barragem. Esses dados são importantes para avaliação da estabilidade física da estrutura. O monitoramento de sismos naturais é realizado por instituições acadêmicas

e são de baixo poder destrutivo, haja vista que o território brasileiro não tem histórico deste tipo de evento natural devido a sua localização geográfica. Já **o monitoramento e controle dos sismos induzidos, seja pelo processo de detonação de rocha para possibilitar a lavra de minério e/ou pelo tráfego de equipamentos, precisa ser realizado pela mineradora**. Normalmente, esse monitoramento é automatizado, contudo pode ser constante ou intermitente.

Ombreiras: são as encostas laterais do vale onde a barragem se apoia. As superfícies onde os taludes do maciço encontram as ombreiras são chamadas de contato ou simplesmente de encontro. Sempre haverá duas ombreiras: a esquerda e a direita;

Período de retorno ou tempo de recorrência: por definição corresponde ao inverso da probabilidade ($Tr = 1/P$), é interpretado como o intervalo médio, expresso em anos, no qual se espera que ocorra um evento (pode ser precipitação ou vazão de um curso d'água) que iguale ou supere determinado valor. Por exemplo: com base em **uma amostra de precipitações máximas anuais** se aplicou uma distribuição de frequência e se definiu que uma chuva de 130 mm em um dia possui recorrência de 10 anos. Pode-se então dizer que a **probabilidade** de ocorrência dessa precipitação em um ano qualquer é de 0,1 (10%). Se não ocorrer no primeiro ano, a probabilidade de ocorrer no segundo ano sobe para 0,19 (19%), assim como essa probabilidade de ocorrência no décimo ano se eleva para 0,65 (65%), relembrando que se trata de **intervalo médio de tempo**.

Poropressão: pressão exercida por um fluido (em geral água) no interior dos poros de um maciço de solo ou de blocos de rocha.

Risco de Ocorrência: esse conceito se vincula à vida útil de uma obra: ao assumir o risco de 1% para uma obra que se quer íntegra e segura por 100 anos (caso de grandes barragens), deve-se adotar para o projeto das estruturas uma recorrência de 10.000 anos, ou deca milenar. Se for uma obra que se deseja segura por 50 anos (que gere menor impacto caso venha a falhar, e.g. ponte de uma rodovia) e se possa assumir um risco de 10%, nesse caso a recorrência a ser usada em projeto deve ser de 500 anos.

Ruptura hipotética ou *Dam break*: estudo que avalia os potenciais impactos da ruptura de uma barragem. Simula computacionalmente a ruptura da barragem dando início, assim, aos estudos de inundação a partir do qual se elabora o plano de ações emergenciais, faz-se a quantificação de danos e riscos e classifica-se a barragem quanto ao dano potencial associado da estrutura, considerando a natureza do resíduo (segundo a NBR 10.004/ 2004) e o método de falha (ver definição na sequência desta nota técnica). Para elaboração dos estudos de ruptura hipotética **deve-se atentar se as análises foram realizadas empregando fluidos não newtonianos, ou seja, se na simulação o rejeito foi simulado como sendo composto por água e sedimentos (composição real do rejeito) e, não somente por água como seria numa abordagem newtoniana**. Além disso, é necessário verificar qual foi o percentual de material vazado da barragem considerado nas simulações; recomenda-se utilizar um

(linha azul) no interior do maciço (aterro), correspondendo aos níveis detectados pela instrumentação (piezômetros – PZ), na mesma seção transversal mostrada na Figura A2.2.

Superfície freática normal: nível d'água freático admitido para as condições normais de funcionamento da drenagem interna do maciço, em regime permanente, com fluxo em condições normais de operação, conforme previsto em projeto. Na Figura A2.3 “A” tem-se a ilustração de uma superfície freática normal (linha azul), no interior do maciço (aterro), correspondendo aos níveis detectados pela instrumentação (piezômetros - PZ).

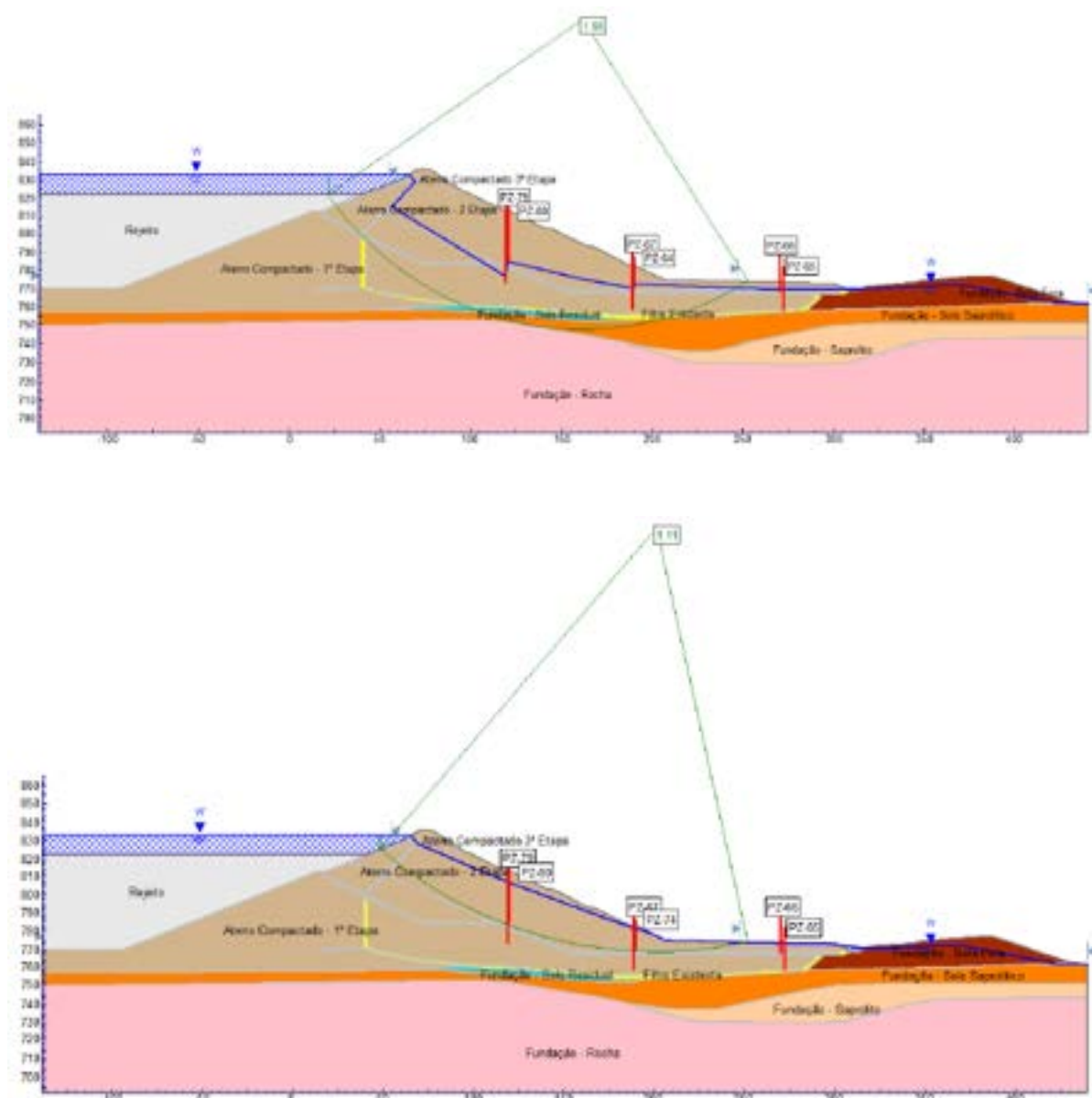


Figura. A2.3 – Superfície freática (linha representada em azul em ambas as imagens), sendo normal na Figura A e crítica na Figura B por estar próxima a superfície do talude de jusante do aterro (barragem).

Fonte: Documentos fornecidos à perícia em geologia do MPF.

Talude: é a superfície inclinada de um aterro ou de um corte (escavação) no terreno natural. Tem função de garantir a estabilidade do maciço do aterro ou do restante do terreno não escavado. Pode ainda ser resultado de uma erosão no terreno natural. É frequentemente

revestido por grama, enrocamento, gabiões e jateamento ou placas de concreto para proteção mecânica contra erosões provocadas por precipitações e ondas (Figuras A2.1 A a C).



Figura A2.1 A - Talude em corte do terreno natural protegido com jateamento de argamassa sobre tela metálica.



Figura A2.1 B - Talude de um aterro, protegido por gabiões de enrocamento.



Figura A2.1 C - Talude de um aterro, protegido na parte superior por grama e na inferior por enrocamento.



MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL
4ª CÂMARA DE COORDENAÇÃO E REVISÃO

– Meio Ambiente e Patrimônio Cultural –

ANEXO 3 - VALORES DOS FATORES DE SEGURANÇA E TEMPO DE RETORNO

A NBR 13.028:2017 define os fatores de segurança (FS) mínimos para as barragens de mineração, conforme Tabela A3.1 e, também, estipula o tempo de retorno mínimo (ou de recorrência mínima) a ser considerado para dimensionamento do sistema extravasor em função das consequências (ou dano potencial) que vier a provocar a jusante (meio ambiente, infraestrutura e população) ou ainda por conta da legislação vigente, conforme se reproduz na Tabela A3.2.

Tabela A3.1
Fatores de Segurança mínimos para barragens de mineração

Fase	Tipo de Ruptura	Talude	Fator de segurança mínimo
Final de construção ^a	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,3
Operação com rede de fluxo em condição normal de operação, nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Jusante	1,5
Operação com rede de fluxo em condição extrema, nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Jusante	1,3
Operação com rebaixamento rápido do nível d'água do reservatório	Maciço	Montante	1,1
Operação com rede de fluxo em condição normal	Maciço	Jusante	1,5
		Entre bermas	1,3
Solicitação sísmica, com nível máximo do reservatório	Maciço e fundações	Montante e jusante	1,1

^a Etapas sucessivas de barragens alteadas com rejeitos não podem ser analisadas como “final de construção”, devendo atender aos fatores de segurança mínimos estabelecidos para as condições de operação.

Tabela A3.2
Tempo de retorno mínimo a ser considerado para dimensionamento do sistema extravasor em função das consequências ou legislação vigente.

Consequências ou dano potencial	Período de retorno de projeto (período operacional)	Período de retorno de projeto (projeto de fechamento)
Baixa	200 a 500 anos	1.000 ou PMP
Média	500 a 1.000 anos	1.000 ou PMP
Alta	1.000 anos a PMP	1.000 anos ou PMP

PMP = Precipitação máxima provável, obtida por meio de modelos meteorológicos

De acordo com o *Technical Bulletin: “Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams”*- “CDA2019_draft do Comitê de Barragens de Mineração da Associação de Barragens do Canadá (*CDA Mining Dams Committee, Canadian Dams Association*) os valores dos fatores de segurança devem ser os apresentados nas Tabelas A3.3 a A3.5.

Tabela A3.3 - Valores mínimos de Fatores de Segurança para assegurar estabilidade de taludes em barragens de mineração (de rejeitos) – Carregamentos Estáticos - Construção, Operação e Fases de Transição (adaptado de “CDA2019_draft”)

Condição de carregamento	Fator de Segurança Mínimo	Talude / Crista construído para
Durante ou no fim da construção (antes da deposição dos rejeitos ou represamento de água)	1,3	Jusante e/ou Montante
Durante a operação, quando do represamento de água e/ou dos rejeitos, bem como durante a construção dos alteamentos	1,5	Jusante e/ou Montante
A longo prazo (condições estáveis no que respeita à geometria/configuração da barragem e das redes de percolação, com o nível do reservatório normal)	1,5	Jusante e/ou Montante
Rebaixamento rápido total ou parcial	1,3	Montante

Tabela A3.4 - Valores mínimos de Fatores de Segurança para assegurar estabilidade de taludes em barragens de mineração (de rejeitos) – Carregamentos Sísmicos - Construção, Operação e Fases de Transição (adaptado de “CDA2019_draft”).

Métodos de Análise	Fator de Segurança Mínimo	Talude / Crista construído para
Sísmica Sismo (análise dinâmica)	1,2	Jusante e/ou Montante
Pseudo-Estática	1,0*	Jusante e/ou Montante

* Exceto se forem determinadas as deformações associados aos carregamentos sísmicos e as mesmas forem admissíveis

Tabela A3.5 - Valores mínimos de Fatores de Segurança para assegurar estabilidade de taludes em barragens de mineração (de rejeitos) – Condição Pós-Pico - Construção, Operação e Fases de Transição (adaptado de “CDA2019_draft”).

Condição de carregamento	Fator de Segurança Mínimo	Talude / Crista construído para
Sismo	1,1	Jusante e/ou Montante
Estático	1,1	Jusante e/ou Montante

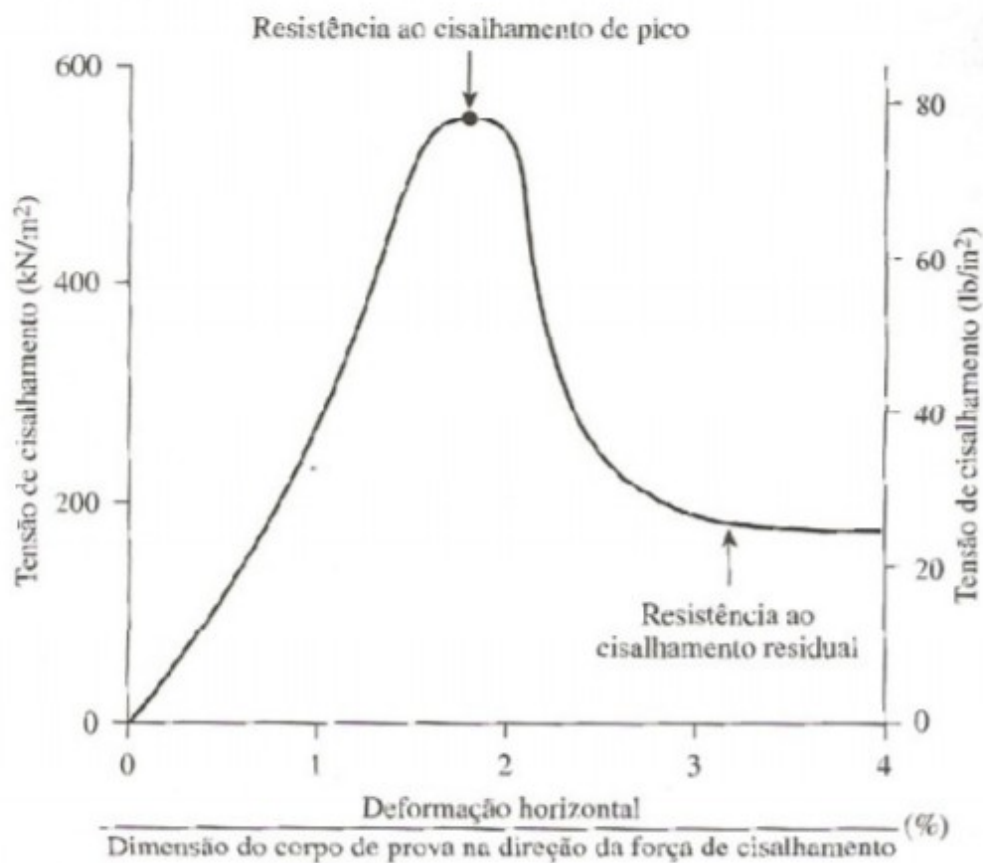


Figura I -Anexo 3 - Gráfico exemplificativo da evolução da Tensão de Cisalhamento com a deformação de um corpo de prova, destacando-se a resistência de pico no cisalhamento (quando ocorre a ruptura da amostra) e declínio acentuado da tensão nos instantes seguintes, permanecendo em evolução a deformação, até a estabilização no patamar da resistência ao cisalhamento residual.