

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

CURSO DE FÍSICA APLICADA

EXAME DE ESTADO

TEMA: ANÁLISE DO POTENCIAL ELÉCTRICO DA BARRAGEM DOS
PEQUENOS LIBOMBOS.



Discente: ALAMO, ANDAQUE PASCOAL

Maputo, Dezembro 2010

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	2
1.1 OBJECTIVOS	3
1.1.1 OBJECTIVO GERAL.....	3
1.1.2 OBJECTIVOS ESPECIFICOS.....	3
1.2 METODOLOGIA.....	3
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	4
2.1 CONSTITUIÇÃO DE UMA TURBINA.....	6
2.2 GERADOR ELECTRICO	8
2.3 APLICAÇÕES DE BALANÇO HIDRICO.....	11
2.4 BACIA HIDROGRAFICA	12
2.5 TIPOS DE ESCOAMENTOS	12
2.6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL	13
2.7 COEFICIENTE DE REYNOLDS	15
CONCLUSÃO.....	16
BIBLIOGRAFIA	17

RESUMO

Desde o surgimento da Civilização agrícola e o desenvolvimento das necessidades básicas do homem, o desafio da força da água e a sua utilização vêm sendo colocados entre os principais requisitos da existência do homem e de avanço económico, cultural de um País.

O crescimento populacional na cidade e Província de Maputo, as secas na região Austral, tornaram insuficientes a quantidade de água disponível para o abastecimento. O baixo caudal do rio Umbelúzi, na época, de estíagem e ainda as características aquíferas local é insuficiente para permitir o abastecimento a uma cidade e província de Maputo, estes foram os factores que imperaram a concepção da construção da Barragem dos Pequenos Libombos.

Sendo assim, a Barragem dos pequenos Libombos desempenha um papel de extrema importância no armazenamento da água apartir da sua albufeira, permitindo igualmente a regularização dos caudais do rio a jusante da barragem. Além deste principal objectivo, a análise económica do aproveitamento dos Pequenos Libombos, o estudo de viabilidade do regadio do Umbelúzi e o estudo de pre-viabilidade de rega de outras áreas a partir da albufeira permitiu concluir a possibilidade de irrigação de alguns milhares de hectares de terras agricultáveis a jusante e a construção da barragem para a produção da corrente eléctrica.

1. INTRODUÇÃO

A bacia do Umbelúzi situa-se no sul da Província de Maputo e é delimitada pelos paralelos 25°40' 22" e 26°16'47" de latitude Sul pelos meridianos 31°55'43" e 32°29'01" de longitude Este, aproximadamente.

A bacia possui uma área total de 5600km² dos quais 3140 Km² estão localizados no reino da Suazilândia, 2380Km² localizam-se em Moçambique e 80Km² na República da África dosul

O rio Umbelúzi tem duas grandes afluentes o rio Calichane a montante que aflui no umbelúzi na barragem dos Pequenos libombos, e o rio Mosenne que esta a jusante da barragem.

A capacidade da albufeira é de cerca 400milhões/m³, e agora tem a capacidade de armazenamento de cerca de 80%, a precipitação média é de 700mm, o rio possui 3 estações de controlo de balanço hidrico a montante, e quatro estações a jusante, a ultima situa-se depois da estação de tratamento de água na zona da Mozal.

A capacidade de armazenamento é de 400Mm³, a capacidade útil é de 350Mm³ Em termos de pleno armazenamento a barragem tem 47m, o nivel maximo de cheias e de 49,5m, e o nivel minimo e de 22m. a barragem dos Pequenos Libombos é uma obra mista de betão e terra, a altura maxima acima das fundações é de 46m, o desenvolvimento total de corramento e de 1540m, sendo o volume de betão equivalente a 160 000m³, o volume de aterros e de 3Mm³. O terreno de fundação é de Bassalto, a zona central é constituída de betão.

A bacia Hidigrafica do rio Umbeluzi tem uma área total de 5460km², divididos em 3140km² na Swazilândia, 80km² na Africa do Sul e 2249km² em Moçambique.

A secção dos pequenos Libombos drena uma área de 3900km² dos quais 800Km² se localizam em Moçambique.

O caudal máximo previsto é de 10.220m³/s, o caudal máximo provável é de 4200m³/s.

Para a descarga de cheias foi adoptado um descarregador principal, que funciona em condições normais e descarregador de emergência, que apenas funciona em situações excepcionais ou quando há necessidade de eliminar corpos flutuantes .

O descarregador principal é constituído por 7 orifícios de 7,5x5,3m³ equipados por comportas de sector, onde a cota da soleira descarregadora é de 24m² e o caudal descarregável é de 5.600m³/s.

O descarregador de emergência é constituído por 7 vãos livres , vão central é provido de uma comporta Volet, cota da soleira descarregadora para Vão Central é de 46m, e de Vãos laterais é de 47m. O caudal descarregavel é de 515m³/s.

Face à necessidade de criar um órgão que permitisse o esvaziamento total da albufeira e a remoção do material sólido acumulado junto a barragem de betão houve a importância de criar-se duas descargas de fundo, plantadas ao longo dos muros que separam o descarregador de cheias da barragem de terra. A da margem esquerda possui uma derivação que transporta a água para a mini-hidroeléctrica . É também através delas que se regulam e lançam no rio os caudais destinados ao abastecimento populacional e à rega dos terrenos a jusante da barragem.

1.1 OBJECTIVOS

1.1.1 OBJECTIVO GERAL

- ❖ Analisar o potencial eléctrico ~~da~~ barragem dos pequenos Libombos

1.1.2 OBJECTIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Avaliar os recursos da barragem mini-hídrica ~~da~~ barragem dos Pequenos Libombos.
- ❖ Analisar a importância da barragem para a população que se encontra a jusante da barragem

1.2 METODÓLOGIA

Para a realização do trabalho foi efectuado uma visita na albufeira dos pequenos Libombos, onde foram recolhidos algumas informações, e uma pesquisa bibliográfica.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A hidroeléctrica dos pequenos Libombos, produz uma corrente eléctrica de baixo potencial, para isso ele usa uma turbina Kaplan.

Turbina é um motor rotativo que converte em energia mecânica a energia de uma corrente de água. o elemento básico da turbina é a roda ou rotor que contém paletas, hélices ou lâminas, colocados ao redor de uma circunferência, de forma que o fluido em movimento produza uma força tangencial, que impulsiona a roda, fazendo-a girar. Essa energia mecânica é transferida através de um eixo para movimentar uma máquina, um compressor ou um gerador eléctrico.

As turbinas hidráulicas dividem-se em quatro tipos principais: Pelton, Francis, Kaplan, Bulbo. Cada um destes tipos é adaptado para funcionar em usinas, como uma determinada faixa de altura de queda. As vazões volumétricas podem ser igualmente grandes em qualquer uma delas, mas a potência será proporcional ao produto da queda (H) e da vazão volumétrica (Q).

PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DE UMA TURBINA

Em todos os tipos há alguns princípios de funcionamento comuns. A água entra pela tomada de água, a montante da barragem hidroeléctrica que está num nível mais elevado, e é levada através de um conduto forçado até a entrada da turbina. Lá a água passa por um sistema de palhetas que são guias móveis, que controlam a vazão volumétrica fornecida à turbina. Para se aumentar a potência as palhetas se abrem, para diminuir a potência elas se fecham. Após passar por este mecanismo a água chega ao rotor da turbina. Nas turbinas Pelton, não há um sistema de palhetas móveis, e sim um bocal com uma agulha móvel, semelhante a uma válvula, que controla a vazão.

Por transferência de quantidade de movimento parte da energia potencial dela, é transferida para o rotor na forma de torque e velocidade de rotação. Devido a isto a água na saída da turbina está a uma pressão pouco menor que a atmosférica, e bem menor do que a inicial.

Após passar pelo rotor, um duto chamado tubo de sucção, conduz a água até a parte de jusante do rio, no nível mais baixo. As turbinas Pelton, têm um princípio um pouco diferente (impulsão) pois a pressão primeiro é transformada em energia cinética, em um bocal, onde o fluxo de água é acelerado até uma alta velocidade, e em seguida choeca-se com as pás da turbina imprimindo-lhe torque.

As turbinas hidráulicas, podem ser montadas com o eixo no sentido vertical. Um mancal de escora suporta todo o peso das partes girantes da turbina e do gerador que é montado logo acima dela. Para mini- hidroelectricas as turbinas são fabricadas com eixo na posição horizontal.

Normalmente, devido ao seu alto custo e necessidade de ser instalada em locais específicos, as turbinas hidroelectricas são usadas apenas para gerar eletricidade. Por esta razão a velocidade dae rotação é fixada num valor constante.

A potência de uma turbina pode ser calculada pela seguinte expressão: $P = \rho Q H g \eta$

O índice η é a eficiência total da turbina. A eficiência é a fração da energia total da fonte de energia primária, que neste caso é a água que é convertida em energia útil (no caso potência de eixo), Q é o vazão e ρ é a densidade da água.

PERDAS DA ENERGIA NA TURBINA

As principais causas de perda de energias nas turbinas são:

perdas hidráulicas: a água tem que deixar a turbina com alguma velocidade, e esta quantidade de energia cinetica não pode ser aproveitada pela turbina.

Perdas mecânicas: são originadas por atrito nas partes moveis da turbina e calor perdido pelo aquecimento dos mancais.

Tipicamente turbinas modernas têm uma eficiência entre 85% e 99%, que varia conforme a vazão de água e a potência gerada.

2.1 CONSTITUIÇÃO DE UMA TURBINA

Uma turbina é constituída basicamente por cinco partes: caixa espiral, pré-distribuidor, distribuidor, rotor e eixo, tubo de sucção.

Caixa espiral

É uma tubulação de forma toroidal que envolve a região do rotor. Esta parte fica integrada à estrutura civil da usina, não sendo possível ser removida ou modificada. O objetivo é distribuir a água para turbina.

É fabricada com chapas de aço de carbono soldadas em segmentos. A caixa espiral conecta-se ao conduto forçado na secção de entrada, e ao pré-distribuidor na secção de saída.

Pré-distribuidor

A finalidade do pré-distribuidor é direccionar a água para a entrada do distribuidor. É composta de dois anéis superiores, entre os quais são montados um conjunto de 18 a 24 palhetas fixas, com perfil hidrodinâmico de baixo arrasto, para não gerar perda de carga e não provocar turbulência no escoamento. É uma parte sem movimento, soldada à caixa espiral e fabricada com chapas ou placas de aço carbono.

Distribuidor

O distribuidor é composto de uma série de 18 a 24 palhetas móveis, acionadas por um mecanismo hidráulico montado na tampa da turbina (sem contato com a água). Todas as palhetas

tem o seu movimento conjugado, isto é, todas se movem ao mesmo tempo e de maneira igual.

O acionamento é feito por um ou dois pistões hidráulicos que operam numa faixa de pressão de 20 bar nas mais antigas, até 140 bar nos modelos mais novos.

O distribuidor controla a potência da turbina pois regula vazão da água. É um sistema que pode ser operado manualmente ou em modo automático, tornando o controle da turbina praticamente isento de interferência do operador.

Rotor e eixo

O rotor da turbina é onde ocorre a conversão de energia hídrica em potência de eixo.

Tubo de sucção

Duto de saída da água, geralmente com diâmetro final maior que o inicial, desacelera o fluxo da água após esta ter passado pela turbina, devolvendo-a ao rio parte jusante da casa de força.

No presente trabalho tomaremos mais atenção na turbina Kaplan, que é usada na barragem dos pequenos Libombos.

Turbina Kaplan é uma turbina hidrica, é adequada para operar entre quedas que variam de 45 a 60m de altura .

Um servomotor é montado normalmente dentro de um cubo do rotor e é responsável pela variação do ângulo de inclinação das pás. O óleo é injectado por um sistema de bombeamento localizado fora da turbina e conduzido até o rotor por conjunto de tubulações rotativas que passam por dentro do eixo.

O acionamento das pás é conjugado ao das palhetas do distribuidor, de modo que para uma determinada abertura do distribuidor, corresponde um determinado valor de inclinação das pás do rotor . as kaplans também apresentam Turbina kaplan é uma turbina hidrica, é adequada para operar entre quedas que variam de 45 a 60m de altura .

Um servomotor é montado normalmente dentro de um cubo do rotor e é responsável pela variação do ângulo de inclinação das pás. O óleo é injectado por um sistema de bombeamento localizado fora da turbina e conduzido até o rotor por conjunto de tubulações rotativas que passam por dentro do eixo.

O acionamento das pás é conjugado ao das palhetas do distribuidor, de modo que para uma determinada abertura do distribuidor, corresponde um determinado valor de inclinação das pás do rotor .

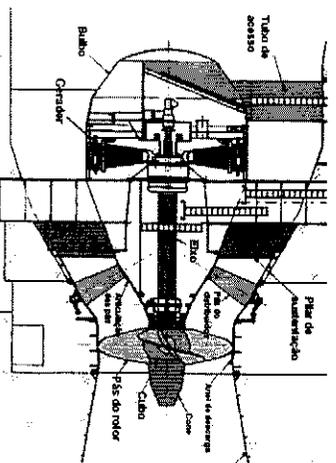


Fig. 1 turbina Kaplan

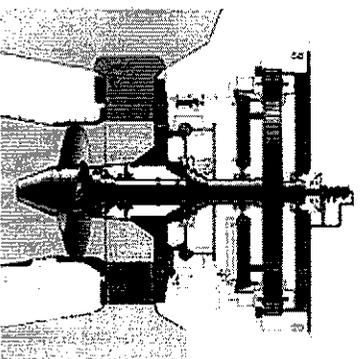


fig2. Turbina Kaplan, no sentido vertical

A água que sai do reservatório é conduzida com muita pressão através de enormes tubos até a zona da força onde estão instaladas as turbinas e os geradores que produzem electricidade.

A turbina é formada pr uma serie de pás ligadas a um eixo de rotação que é ligado ao gerador.

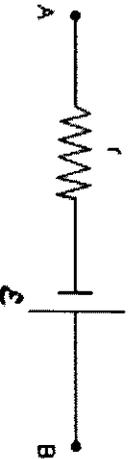
A pressãoda água sobre essas pás produz um movimento giratorio do eixo da turbina. O gerador é um equipamento composto por um iman e um fio bobinado. O movimento do eixo da turbina produz um campo electromagnético dentro do gerador produzindo deste jeito a electricidade.

2.2 GERADOR ELECTRICO

O **gerador eléctrico** é um mecanismo que transforma energia mecânica, química ou outra forma de energia em energia eléctrica. É o agente do circuito que o abastece , fornecendo energia eléctrica às cargas que o atravessam.

O gerador eléctrico mais simples é formado por uma espira plana com liberdade suficiente para se mover sob a acção perpendicular à direcção de um campo magnético uniforme. Essa espira gira em torno de um eixo perpendicular à direcção das linhas de força do campo magnético aplicado. A variação do valor do fluxo que atravessa a espira móvel induz nela uma força electromotriz. A força electromotriz resulta do movimento relativo que há entre a espira e o campo magnético. A corrente produzida deste modo é alternada, para se obter a corrente contínua é preciso aplicar um gerador de um dispositivo que faça uma rectificação da corrente.denominado colector dos dinamos. (www.tech.villabol.uol.com.br)

Um gerador eléctrico é representado pela seguinte figura:



Onde r – representa a perda de energia por calor no interior do gerador. Esta propriedade dos geradores é chamada de energia interna.

ϵ - representa a força electromotriz , esta podemos calcular pela formula:

$$U=\epsilon-ri$$

Esta equação representa a equação do gerador da corrente eléctrica.

Balanco hidrico

Baseia-se no princípio de conservação de massa, do sistema, corresponden a quantidade da água que entra e sai de uma certa uma porção de solo em um determinado intervalo de tempo.

O balanço hidrico pode ser usado para explicar os componentes hidrologicos.

O princípio de conservação da massa no balanço hidrico, obedece a equação de continuidade dada pela equação:

$$\frac{ds}{dt} = I - Q$$

Onde:

I- Representa vazão de entrada de água no sistema por intervalo de tempo,

Q-representa vazão de saída da água do sistema por unidade de tempo

$\frac{ds}{dt}$ - é a variação do volume de água armazenada no interior do sistema .

Balanco hidrico -é a equação de continuidade aplicada à uma certa região e escrita em função das variáveis do ciclo hidroológico.

A vazão de saída da água não pode ocorrer até que se acumule água a uma profundidade minima para fornecer carga necessária ao escoamento, mas devido à intensidade da chuva , a profundidade da água retida aumenta,com o cessar da precipitação, a água retida na superficie se transforma em vazão de saída.

Para um unico aquifero como é o caso da bacia hidrografica de Úmbeluzi, a equação de balanço é dada por:

$$(G_1 + R) - (G_2 + r_{aq}) = \Delta S_{aq}$$

G_1 e G_2 - representam o escoamento subterraneo que entra e sai da região.

Todas as variáveis que intervêm nas equações de balanços hídricos são expressas como volume em unidade de tempo.

Numa bacia hidrográfica, não há em condições naturais , outra entrada de água além da precipitação e há uma única saída de água. Por outro lado, num longo período de tempo a variação do volume armazenado pode ser desprezada perante os valores acumulados das outras variáveis.

Neste contexto a equação do balanço hídrico passa a ser expressa pela equação:

$$P - (Q_2 + E + T) = 0$$

p- representa a precipitação

T- representa a transpiração das plantas

E- representa evaporação a partir de águas superficiais e do solo

Q- representa o vazão de saída.

2.3 APLICAÇÕES DE BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico é uma ferramenta muito útil e pode ser utilizada em uma grande variedades de situações:

- ❖ Determinação do valor dum variável hidrológica quando todas as restantes que entram no balanço são conhecidas,
- ❖ Estimação do erro global cometido na medição ou estimação das variáveis, hidrológicas, quando todas as que entram no balanço hídrico são conhecidas;
- ❖ Operação de albufeiras;
- ❖ Avaliação das necessidades de rega.

2.4 BACIA HIDROGRÁFICA

Uma bacia hidrográfica é uma região definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema interligado de cursos de água, tal que a única entrada de água na região seja precipitação e todos os caudais e afluentes sejam descarregados através de uma simples saída.

Quando o balanço hídrico é realizado na região correspondente a uma bacia hidrográfica, ele torna-se consideravelmente simplificado já que a única entrada de água corresponde à precipitação e a saída de água se faz numa única secção.

Também para a gestão dos recursos hídricos, a bacia hidrográfica constitui a unidade mais conveniente pois é a nível da bacia que se verificam as relações mais estreitas entre:

- ❖ Recursos hídricos a montante e a jusante;
- ❖ Recursos de água superficiais e de águas subterrâneas;
- ❖ Modificaçãose na ocupação do solo ou obras hidráulicas no rio e nas margens e modificações morfológicas ou características do escoamento a montante e a jusante, por vezes a distâncias de dezenas de quilómetros.

2.5 TIPOS DE ESCOAMENTOS

Nos líquidos os escoamentos classificam-se em três tipos:

Escoamento superficial- ocorre quando o conduto permite que o líquido esteja em contacto com a atmosfera, como é o caso os rios.

Escoamentos forçados – ocorre quando o líquido percorre no interior de uma tubulação, ocupando a sua área geométrica, sem contacto com o meio externo.

Escoamento estacionário-ocorre quando os parâmetros que o caracterizam tais como densidade, velocidade, pressão e outros não dependem do tempo.(ramalho,F. ; Fernando N.G., Soares,p.A.T. fundamentos de Física V.i, São Paulo ;Moderna 1999).

2.6 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Escoamento superficial- é o segmento do ciclo hidrológico que estuda o deslocamento das águas na superfície da terra.

É a parte da água da chuva que, caindo sobre um solo saturado de humidade ou impermeavel ,escoa pela sua superfície,formando as enxurrads ou torrentes , ribeirões , rios, lagos ou reservatórios de acumulação.

Intensidade de precipitação deve ser superior a capacidade de infiltração no solo.

Grandezas características

- a) Bacia hidrografica- é a área geográfica colectora de água que escoando pela superfície do solo atinge a secção considerada;
- b) Vazão(Q)- volume de água escoando em unidade de tempo numa secção do curso de água.
- c) Factores intervenientes no escoamento de água:
 - Área da bacia de contribuição;
 - Conformação topografica da bacia: declives, depressões acumuladores e retentores de água;
- d) Obras de controle e utilização da água a jusante da secção
 - Irrigação ou drenagem do terreno;
 - Canalização ou retificação de cursos de água;
 - Derivação de água da bacia
 - Construção de barragem.

A geração hidroeléctrica esta associada à vazão do rio, isto é, à quantidade de água disponível em um determinado periodo de tempoe a altura da sua queda.

Quanto maiores forem os volumes de sua queda , maior é o potencial de aproveitamento da geração de electricidade. A vazão de um rio depende de suas condições , como largura , inclinação, tipo de solo e obstáculos de quedas. É determinada ainda pela quantidade de chuvas que o alimentam, o que faz com que sua capacidade de produção de energia varie bastante ao longo do ano.

O potencial hidrologico é proporcionado pela vazão hidrica, e pela concentração dos disníveis existentes ao longo do curso de um rio. Isto pode se dar de uma forma natural, ou através de uma barragem, que ocorre quando pequenos desniveis são concentrados na altura da barragem ou através de desvio do rio do seu leito natural, concentrando-se os pequenos disníveis nesses desvios.

Calculo de vazão da água

Para calcular o vazão de uma barragem usa-se a seguinte equação:

$$Q = \frac{V}{T}$$

A grandeza Q representa o vazão

V-é o volume que pode ser dado em litros ou metros cubicos

t- representa o tempo que pode ser medido em minutos ou segundos, dependendo da magnitude da vazão.

Vazão representa a vaelocidade de escoamento de um certo liquido ou fluido, neste contexto, quanto maior for a velocidade de escoamento maior é a vazão.

Para este caso podemos determinar a vazão através do produto entre a area de seccção transversal e a velocidade de escoamento do líquido e é dada pela expressão:

$$Q = A \times V$$

2.7 COEFICIENTE DE REYNOLDS

O número de Reynold- é um número adimensional usado em mecânica dos fluidos para o cálculo de regime de escoamento de determinado fluido ou líquido sobre uma superfície.

O seu significado físico é um coeficiente de forças: forças de inercia, entre forças de viscosidade e vem expresso pela seguinte formula:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Sendo

v- a viscosidade media do fluido

D-longitude característica do fluxo, diâmetro para o fluxo no tubo

μ - viscosidade dinâmica do fluido

ρ - massa específica do fluido

O número de reynolds permite determinar o tipo de escoamento.

CONCLUSÃO

As mini-hídricas como é caso da barragem dos pequenos Libombos, não possuem a capacidade de um caudal regular, a altura de queda de água é menor, a sua potência é inferior que dois MW, e a sua queda variam uma altura de 20m à 150m, por isso possuem um potencial hídrico na produção da corrente eléctrica inferior. Tendo como uma das causas a quantidade de vazão, originada pela altura de queda da água, também do seu escoamento. Devido a estes factores elas são usadas para irrigação dos campos, abastecimento de água para as indústrias, e consumo anual na ecologia, abastecimento de água para o consumo da população e amortecimento e encaixe de cheias.

A energia produzida é muito inferior, e pode ser utilizada para alimentar pequenas vilas e algumas indústrias. A Barragem dos Pequenos Libombos usa-se principalmente para irrigação, podendo irrigar cerc de 2.364,25 ha, um abastecimento anual das indústrias correspondente a 4.78Mm³ um consumo anual na ecologia equivalente a 15.72Mm³.

É de frisar que até ao presente momento a barragem ainda não começou a produzir a corrente eléctrica, mais sim é utilizada para outras aplicações.

BIBLIOGRAFIA

- RAMALHO, F. ; FERNANDO N.G., Soares, P.A.T. fundamentos de Física V.i, São Paulo; Moderna 1999.
- VAZ, C.2008. Manual de Hidrologia,
- VILLELAS, S.M EE MATTOS, A. 1975. Hidrologia Aplicada
- Colectânea dos Estudos Hidrológicos, 1974
- Cotillon, J.(1979)micro-power. An old idea for a new problem, water power. And Dan construction, january. {part of a speal issue on mini-hydro}
- www.wikipedia.com. Encicloprdia livre
- www.tech.villabol.uol.com.br