CRUZ JUNIOR, A. J. da; SALES, M. M. Probabilidade de ruína X fator de segurança em projetos de fundação. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 2006, Goiânia. **Anais eletrônicos do XIV Seminário de Iniciação Cientifica** [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2006. n.p.

PROBABILIDADE DE RUÍNA X FATOR DE SEGURANÇA EM PROJETOS DE FUNDAÇÃO

CRUZ JUNIOR, Aleones José da [1] ; **SALES**, Mauricio Martines [2]

Palavras-chave: Probabilidade de Ruína, Coeficiente de Segurança, Fundações, Capacidade de carga,

1. INTRODUÇÃO (justificativa e objetivos)

Denomina-se fundação de uma edificação como o sistema constituído pelo elemento da infraestrutura responsável pela transferência de cargas ao solo, mais o solo que o envolve que é responsável pela distribuição das tensões. Para dimensionamento de uma fundação na maioria das vezes é usado um processo determinístico que tenta encobrir as variações de solicitações e de resistências através da utilização de fatores consagrados empiricamente. Pode ocorrer variações no processo de dimensionamento no que se refere as solicitações atuantes, devido as possíveis variações de combinação de carregamentos de uso e execução, e de resistências disponíveis que dependem da variabilidade do perfil de solo que muitas vezes são precariamente determinados. Podem-se aplicar métodos probabilísticos ao cálculo do dimensionamento de fundações com objetivo combater essas imprecisões e tornar o dimensionamento mais próximo às condições reais, tornando menos oneroso e mais seguro. A partir do princípio da quantificação das variabilidades de solicitação e resistência (através de modelos de distribuição de probabilidades) pode-se mostrar a verdadeira probabilidade de falha do elemento de fundação através do valor da probabilidade de ruína e por final determinar um coeficiente de segurança ideal para o cenário analisado.

2. METODOLOGIA

2.1 – Conceitos básicos de probabilidade e estatística.

Toma-se como fundamental, pois deriva desses conceitos a função margem de segurança, o conceito de probabilidade de ruína, e coeficientes de variação de resistências e solicitações. Por isso foi necessário rever teorias estatísticas e probabilísticas. Adotou-se como modelo que melhor descreve as variações de solicitação e resistência o de distribuição normal de probabilidades, assim aplicou-se propriedades de distribuição normal no desenvolvimento da teoria.

2.2 - Métodos de Dimensionamento.

Analisou-se para os três métodos consagrados de dimensionamento (Empíricos, Teóricos, e Práticos) a aplicabilidade da analise probabilística, substituindo o uso de valores médios por valores característicos associados a determinadas probabilidades, para um determinado nível de confiança.

2.3 - Coeficientes de Segurança.

Fez-se uma revisão dos critérios propostos pela Norma NBR 6122/96, sobre a metodologia dos coeficientes de segurança e ponderou-se que, apesar dos coeficientes parciais de segurança trabalharem com probabilidades de ocorrência não quantificavam a probabilidade de ruína.

[1] Bolsista de iniciação científica. Escola de Engenharia Civil, aleones@click21.com.br

[2] Orientador / Escola de Engenharia Civil / UFG, msales@eec.ufg.br

2.4 – Relação Biunívoca entre Probabilidade de Ruína e Coeficiente de Segurança.

A partir da função margem de segurança Z gerada pela diferença entre as funções densidade de probabilidade de solicitação (S) e densidade de probabilidade de resistência (R), considerando que R e S são modelos de distribuição normal. A ruína ocorre quando $Z \leq 0$, ou seja, $R \leq S$. Não ocorre ruína quando $Z > 0$. A probabilidade de ruína será a área abaixo do gráfico da função margem de segurança a esquerda do valor 0. O quanto a fundação é confiável pode ser demonstrado pelo índice de confiabilidade (β), que relacionado com o desvio padrão (σ_z), mostra o quanto o valor médio (Z_m), considerado o mais provável, está próximo da condição de ruína. A Figura 1 mostra a função margem de segurança Z, as condições de ruína, a probabilidade de ruína, e o índice de confiabilidade.

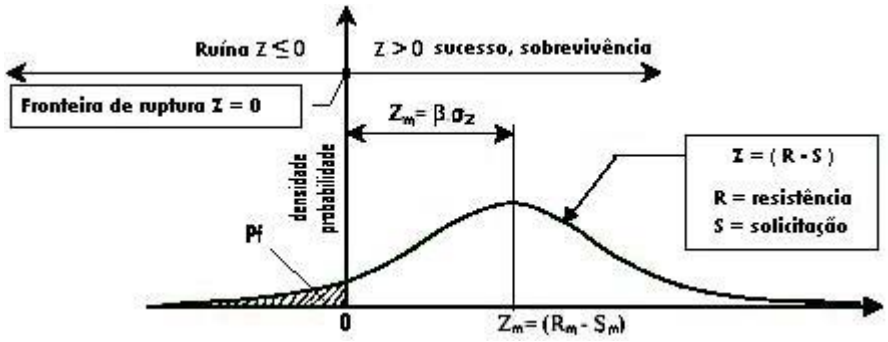

Figura 1 – Método do índice de confiabilidade - Função margem de segurança

Demonstrou-se a relação Biunívoca existente entre Coeficiente de segurança global (CS) e probabilidade de ruína (Pf), através da teoria do índice de confiabilidade a partir da função margem de segurança Z, mostrando que é possível relacionar o índice de confiabilidade com o coeficiente global de segurança, de forma que por final se relacione a probabilidade de ruína como o coeficiente de segurança, utilizando como "ponte" o índice de confiabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 - Avaliações da Teoria do Coeficiente de Segurança Global relacionado a Probabilidade de Ruína

O método de cálculo mostra-se simples, e quando aplicado a uma planilha de cálculo eletrônica torna-se além de simples, prático e rápido. Montou-se uma planilha de cálculo eletrônica no programa Excel, e fizeram-se três simulações, denominados caso 1, 2, e 3. Para cada caso variaram-se os parâmetros de entrada e de saída, mas de forma a sempre se encontrar o coeficiente de segurança (CS) e a probabilidade de ruína (Pf), tentando assim cobrir as diferentes situações de analise de cálculo. Para cada caso enfatizou-se sua aplicabilidade na atualidade ou a futuro. Usou-se o critério que todos os parâmetros da teoria advindos da curva de distribuição probabilidade de solicitação, ou seja, solicitação média (S_m) e desvio padrão de solicitação (σ_S), são dados. Assumiu-se, assim, porque estes parâmetros provêm do projeto de estruturas. Também no mesmo arquivo foi produzido um gráfico onde se inseriam os coeficientes de variação (CV_S e CV_R) e eram geradas curvas de Pf x CS.

[1] Bolsista de iniciação científica. Escola de Engenharia Civil, aleones@click21.com.br

[2] Orientador / Escola de Engenharia Civil / UFG, msales@eec.ufg.br

CRUZ JUNIOR, A. J. da; SALES, M. M. Probabilidade de ruína X fator de segurança em projetos de fundação. In: CONGRESSO DE PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO DA UFG - CONPEEX, 2006, Goiânia. **Anais eletrônicos do XIV Seminário de Iniciação Cientifica** [CD-ROM], Goiânia: UFG, 2006. n.p.

3.1 – Limitações e inconsistências

Ao plotar gráficos e gerar resultados para exemplos fictícios percebeu-se inconsistências e limitações da teoria. Solucionou-se a ocorrência das inconsistências através de conceitos de probabilidade aplicadas a função margem de segurança, e provou-se através de simulações de gráficos de Pf x CS (10 simulações com varias situações fictícias de CV_S e CV_R) que a variabilidade das resistências é um fator limitante para o uso da teoria, pois a variação dessa em relação a variabilidade das solicitações influencia mais os gráficos de Pf x CS para um comportamento limitante, tendendo CS ao infinito para uma dada probabilidade. Como pode ser observado na Figura 2 a e b.

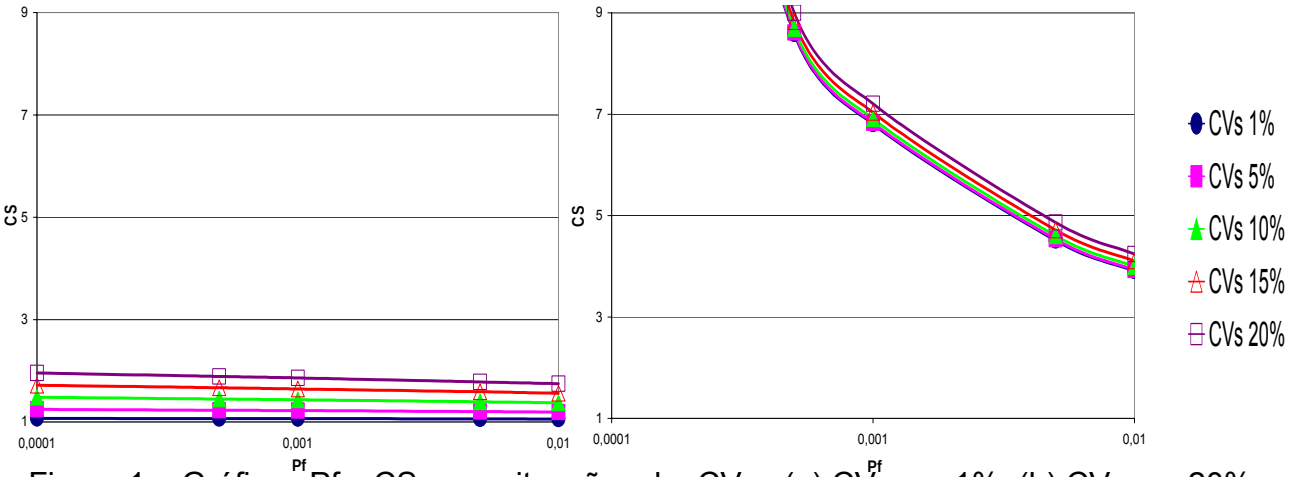

Figura 1 – Gráficos Pf x CS para situações de CV_R : (a) CV_R em 1%; (b) CV_R em 20%.

4. CONCLUSÃO

A teoria proposta para o dimensionamento, a partir de conceitos probabilísticos tenta melhorar a qualidade do processo de identificação de prováveis falhas. Tomando como principio, a necessidade de se trabalhar com uma determinada consciência de falha do elemento, não assumindo seu colapso, mas sim trabalhando com uma metodologia que forneça índices reais (probabilidade de ruína, coeficiente de segurança global gerado por uma Pf) baseados nas informações de variabilidades (Coeficientes de variação) obtidas em campo, tais índices informariam quando uma fundação poderia ser considerada aceitável ou não. Deixando assim o uso dos números “mágicos” sugeridos pela NBR 6122/96 que em geral são conservadores, porque tentam forçosamente tampar uma dada variabilidade sem antes quantificá-la.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOKI, N. Reflexões sobre a prática de fundações no Brasil. Curitiba. 2000.
AOKI, N. e CINTRA J. C. A. Segurança e confiabilidade de fundações. Universidade de São Paulo. Escola de engenharia de São Carlos. São Carlos. 2003. Notas.
Norma NBR 6122 - Projeto e Execução de Fundações.

FONTE DE FINANCIAMENTO – CNPq/PIBIC -

[1] Bolsista de iniciação científica. Escola de Engenharia Civil, aleones@click21.com.br
[2] Orientador / Escola de Engenharia Civil / UFG, msales@eec.ufg.br