

Currículo de engenharia civil e mercado

JOSÉ MARQUES FILHO – PROFESSOR

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

I. INTRODUÇÃO

A sociedade atual, com grande concentração urbana formada muitas vezes por metrópoles com vários milhões de habitantes, depende totalmente da infraestrutura civil instalada. É impossível manter o tecido social sem o fornecimento de água, moradia, energia, retirada de dejetos, logística de transporte, abastecimento de alimentos e insumos. Esse desafio no Brasil é aumentado pela grande quantidade de pessoas que devem ter sua qualidade de vida melhorada e incorporada ao processo produtivo digno.

Hoje são claros os gargalos de infraestrutura que o país apresenta, limitando seu crescimento, a geração de riqueza e a capacidade produtiva, impedindo a melhoria da condição de

subsistência da sociedade. Essa necessidade indica o que a sociedade requer dos engenheiros que são formados, incluindo planejamento adequado, soluções inovadoras e módicas. Essa abordagem requer conhecimento técnico sedimentado, capacidade de inovação e criatividade, e todos esses ingredientes deveriam fazer parte do curso de engenharia civil.

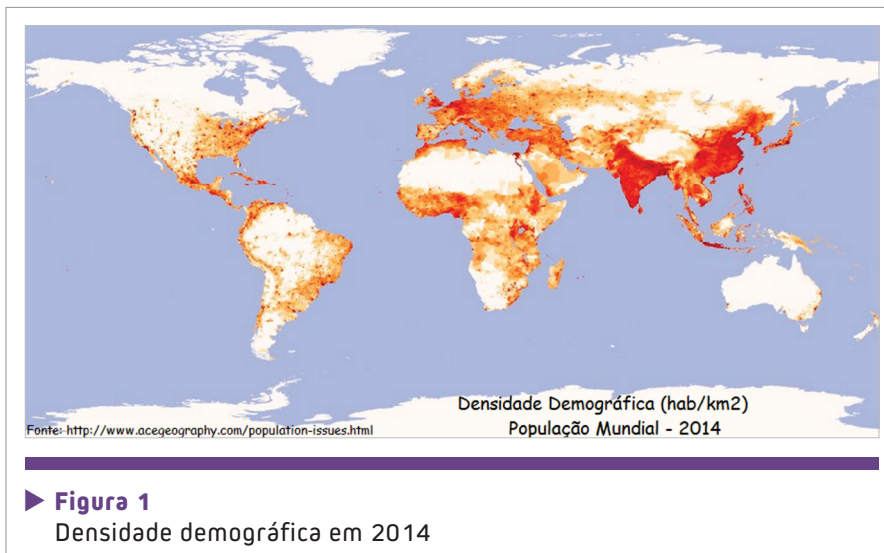
O engenheiro civil é basicamente um empreendedor que resolve problemas da sociedade, tendo seu foco nos desejos dela, e empreender requer a capacidade de movimentar grande parte do mecanismo social, gerando condições para o investimento de capital, análise e mitigação de riscos, minimização do impacto socioambiental e a geração de estruturas seguras, duráveis e com custo adequado.

Uma discussão do mercado e do perfil do engenheiro necessário para nossa sociedade é sadia e deve ser ampla, pois dela obtém-se a grade curricular que satisfaria esses condicionantes.

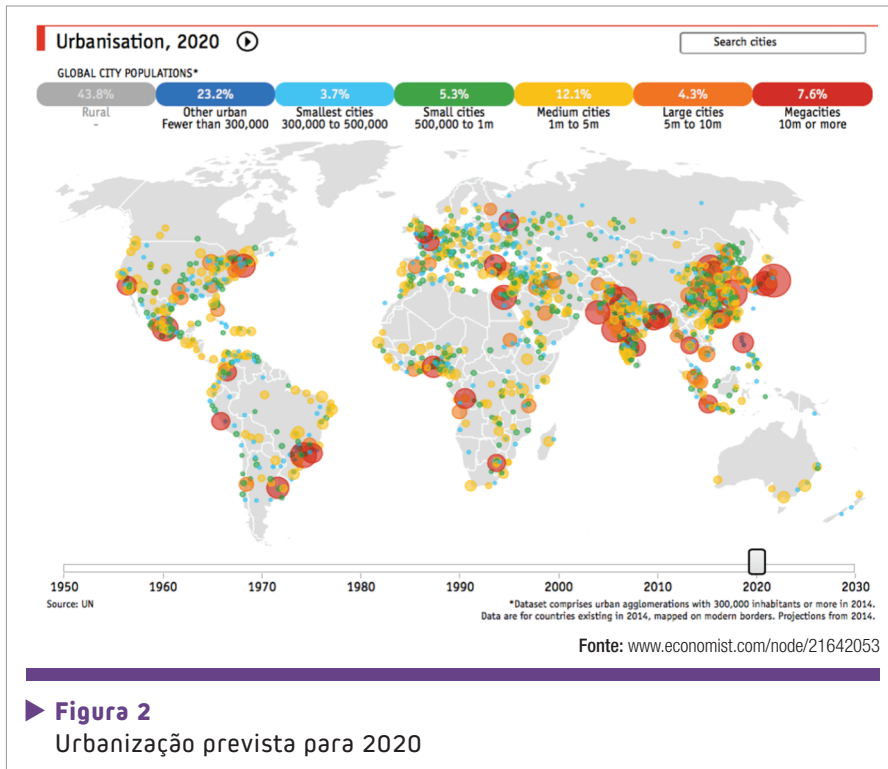
2. ANÁLISE SITUACIONAL

A sociedade humana atual está, em grande parte distribuída no globo em concentrações urbanas, com vários milhões de pessoas coexistindo em espaços físicos reduzidos. O adensamento cria a necessidade de distribuição de água, energia, alimentos, moradia, mobilidade, saúde e emprego em regiões cujas áreas e recursos existentes não seriam suficientes para a garantia de sobrevivência digna. A Figura 1 apresenta a distribuição da população humana e a Figura 2 mostra a urbanização existente evidenciando a grande concentração em áreas relativamente pequenas.

Verifica-se que há uma quantidade expressiva de conglomerados urbanos com população superior a 1 milhão de habitantes no mundo e esse comportamento se repete no Brasil, onde nos últimos 50 anos houve uma migração importante da população rural para as cidades, pressionando os recursos naturais existentes. As necessidades de fornecimento de água, energia, moradia, vias de transporte e logística de suprimento são cada vez mais importantes, e o destino e tratamento de



► **Figura 1**
Densidade demográfica em 2014



► **Figura 2**
Urbanização prevista para 2020

dejetos têm urgência de estudos com sofisticação crescente. Essa distribuição populacional e a manutenção do tecido social são totalmente dependentes da infraestrutura existente, e, portanto, das atividades de engenharia, quer na execução de novos projetos

quanto na operação e manutenção dos empreendimentos existentes.

As mudanças em tela são relativamente recentes e o aumento populacional teve seu gradiente de crescimento acentuado nos últimos 300 anos, conforme apresentado na Tabela 1 e na Figura 3. Pode-se observar que o intervalo de tempo considerado pelos estudos da Organização das Nações Unidas apresenta

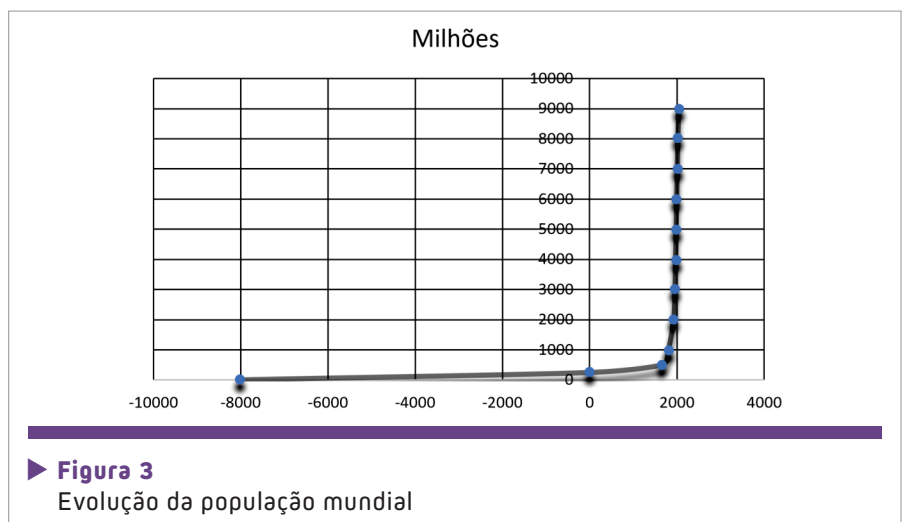
um aumento de 1 bilhão de habitantes entre 2011 e em torno de 2025, criando uma pressão considerável sobre a infraestrutura existente, aumentando a necessidade de ação dos engenheiros civis.

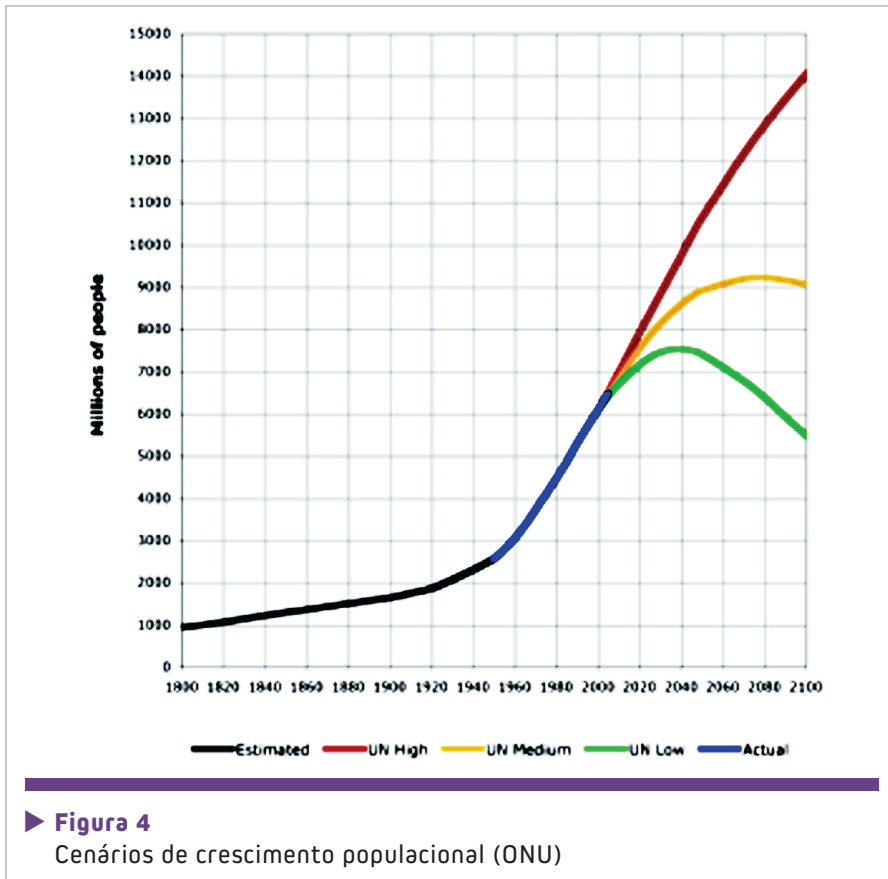
Os estudos populacionais de vários organismos, incluindo a ONU, são resumidos em 3 cenários distintos, considerando os limites físicos, educação, conflitos, pragas e doenças. No cenário médio, considerado mais provável, a população ultrapassaria 9 bilhões de habitantes num intervalo de tempo relativamente curto, conforme apresentado na Figura 4.

O acréscimo de 2 bilhões de seres humanos deverá ocorrer em países pobres e em desenvolvimento, que já contam com infraestrutura precária ou inexistente, levando à necessidade de investimento em novos empreendimentos a curto e médio prazos. Aliado a esse fato, a distribuição das condições de conforto e renda ainda é muito desigual e grande parte da humanidade não possui condições de vida digna e com condições sanitárias minimamente adequadas. No Brasil, esse fato é ainda muito importante, com desigualdade social em termos de acesso à infraestrutura civil muito relevantes. Portanto, somada à necessidade de fornecimento

► **Evolução da população mundial**

Ano	Milhões	História
-8000	5	AC
1	250	DC
1650	500	
1804	1000	
1927	2000	
1960	3000	
1974	4000	
1987	5000	
1999	6000	
2011	7000	
2025	8000	
2043	9000	

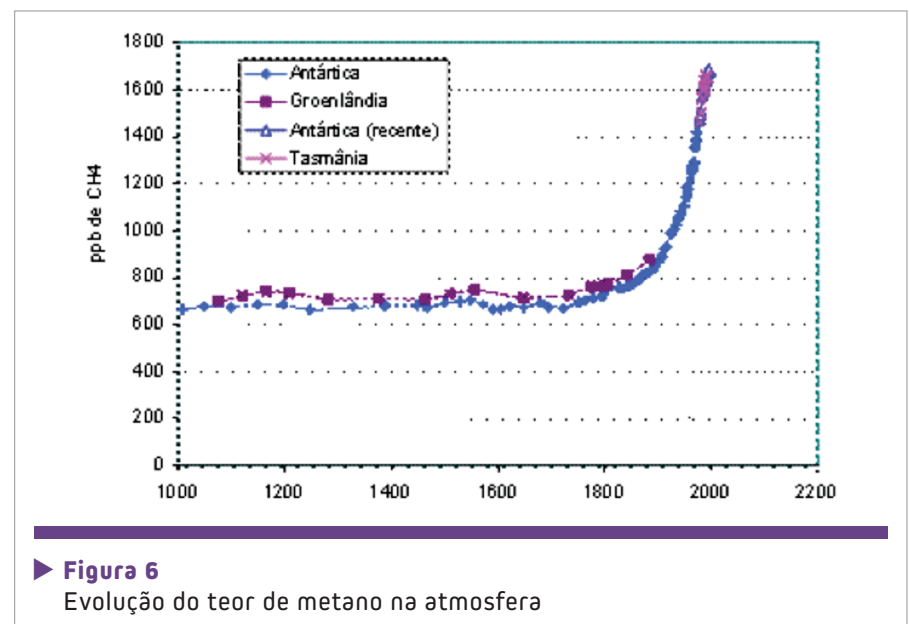
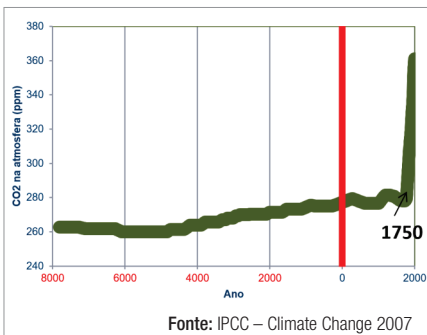




de benefícios gerados pelas obras civis ao crescimento populacional, existe uma necessidade de atendimento a uma parcela significativa da sociedade.

Juntamente com as necessidades anteriormente descritas, a preocupação com as mudanças climáticas indica que as pressões sobre a disponibilidade de recursos hídricos serão crescentes e de previsão complexa. Como mais de

50% da produção de alimento mundial depende de irrigação e as disponibilidades de água para consumo humano, dessedentação de animais e geração energia são essenciais à vida, tem-se a necessidade de estudos sobre as con-



seqüências dessas alterações na dinâmica atmosférica. De forma, semelhante ao gráfico do crescimento populacional apresentado na Figura 3, pode-se, através de estudos climáticos em rochas e em geleiras, obter a evolução da presença de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera, cujos resultados mais aceitos pela comunidade técnica internacional estão apresentados nas Figuras 5 e 6.

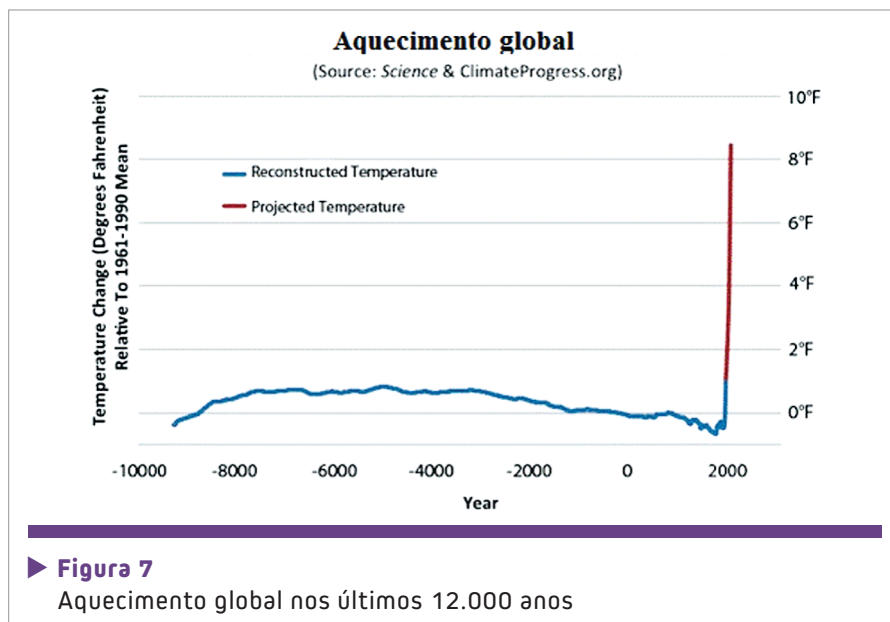
Observa-se um aumento significativo dos gases do efeito estufa, bem como se verifica um aumento da ocorrência de eventos climáticos extremos, como cheias e secas intensas, aumento da intensidade de chuvas e ventos, e, também, um aumento do derretimento do gelo das camadas polares e de várias regiões do planeta. O *International Panel on Climate Change* (IPCC), da ONU, em seu relatório de 2014, indica que já se prova estatisticamente que as mudanças climáticas têm origem antropogênica, prevendo mudanças no regime de chuvas, indicando a necessidade de manejo dos recursos hídricos e proteção da infraestrutura existente.

Em resumo, o crescimento populacional e o aquecimento global (ver

Figura 7) indicam a necessidade de estudos para avaliação de seus efeitos e de novas obras hidráulicas, impulsionando pesquisas e análises de armazenamento, transporte e distribuição de água e de energia sem emissões, bem como devem ser previstas proteções contra cheias de magnitude importante. Essas necessidades impulsionam as atividades da Engenharia Civil e devem orientar o curso para uma visão de sustentabilidade em todas as suas disciplinas.

A necessidade de estudos preventivos com visão de sustentabilidade nas soluções adotadas, aliada a uma visão de crescimento da demanda de empreendimentos civis relevantes, orienta a expectativa da sociedade em relação ao curso de Engenharia Civil. Em contrapartida, as últimas décadas sofreram um impacto importante do desenvolvimento tecnológico e da informática sem precedentes na história da humanidade. Depois do salto na oferta e tipologia de equipamentos colocados à disposição logo após a Segunda Guerra Mundial, o impacto da aplicação da tecnologia nos últimos 30 anos mudou drasticamente os processos de geração de infraestrutura. O conhecimento da microestrutura dos materiais, a nanotecnologia, a tecnologia de aditivos e adições do concreto, a instrumentação do comportamento estrutural, os processos de modelagem numérica, os processos integrados de projeto são ferramentas importantes e serão largamente empregados, devendo ser agregados ao conhecimento disponibilizado ao engenheiro contemporâneo.

Sob o ponto de vista atitudinal, os alunos de engenharia estão imersos numa sociedade com automação crescente, acesso à informação quase imediata, relacionamento interpessoal constante e diverso, mudando a concepção de aprendizagem. Surge o de-



► **Figura 7**
Aquecimento global nos últimos 12.000 anos

safio da adaptação de novos processos de ensino que sejam eficazes com as novas gerações e que evitem que a mera aplicação de processos automáticos seja o foco do aprendizado, ao invés do conceito físico envolvido.

Com as discussões previamente apresentadas, conclui-se que o processo de Engenharia Civil, e, obviamente incluindo Arquitetura, deve prover soluções com consideração dos princípios básicos da sustentabilidade, com alguns pontos diferenciados, abaixo considerados.

- Soluções minimizando a utilização de materiais não renováveis e a emissão de gases do efeito estufa durante o ciclo de vida dos empreendimentos;
- Aumento da durabilidade, diminuindo a pressão sobre a reconstrução e reutilizando as estruturas existentes, e, obviamente, com projetos que permitam multiusos conforme a necessidade que se apresenta ao longo do tempo;
- Desenvolvimento de novos materiais;
- Reciclagem efetiva de materiais e diminuição do desperdício;
- Otimização dos projetos, com sistemas unificados de informação e verificação de conflitos, com base

de dados comuns desde as investigações preliminares até a operação, passando pelo projeto e construção;

- Gerenciamento de projetos focados nos processos de otimização e minimização de impactos;
- Novos sistemas construtivos, com menor penosidade para os envolvidos e o entorno;
- Minimização de impactos socioambientais;
- Análises hidrometeorológicas com a perspectiva de mudanças ambientais para garantia da segurança hídrica;
- Tratamento de dejetos e resíduos;
- Urbanismo integrado que minimize o impacto ambiental, procurando de forma holística diminuir a pegada ecológica, considerando a questão socioeconômica;
- Visão integrada e holística do desenvolvimento da infraestrutura e suas consequências socioeconômicas;
- Reforço dos conceitos físicos e matemáticos;
- Planejamento integral da infraestrutura considerando os limites ambientais, a pegada ecológica de cada tipo de solução, a melhoria das condições de vida e parâmetros econômico-financeiros.



3. SITUAÇÃO E PERSPECTIVAS DE MERCADO DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL

Uma das maneiras mais eficazes de se analisar as perspectivas da Engenharia para validar seu currículo é comparar a situação do país perante outras nações. A Figura 8 apresenta a proporção de Profissionais de Engenharia e Técnicos em relação à população.

A situação apresentada indica que o posicionamento do país é muito inferior à curva ajustada, mostrando uma deficiência relativa a outras nações. Com a possível correlação entre riqueza e quantidade de engenheiros, verifica-se que, para o atingimento de um equilíbrio sustentável da população, há a necessidade de aumento do número desses profissionais. Essa constatação é agravada, pois a comparação é efetuada com países com infraestrutura mais adequada que a brasileira. Em países onde os processos de

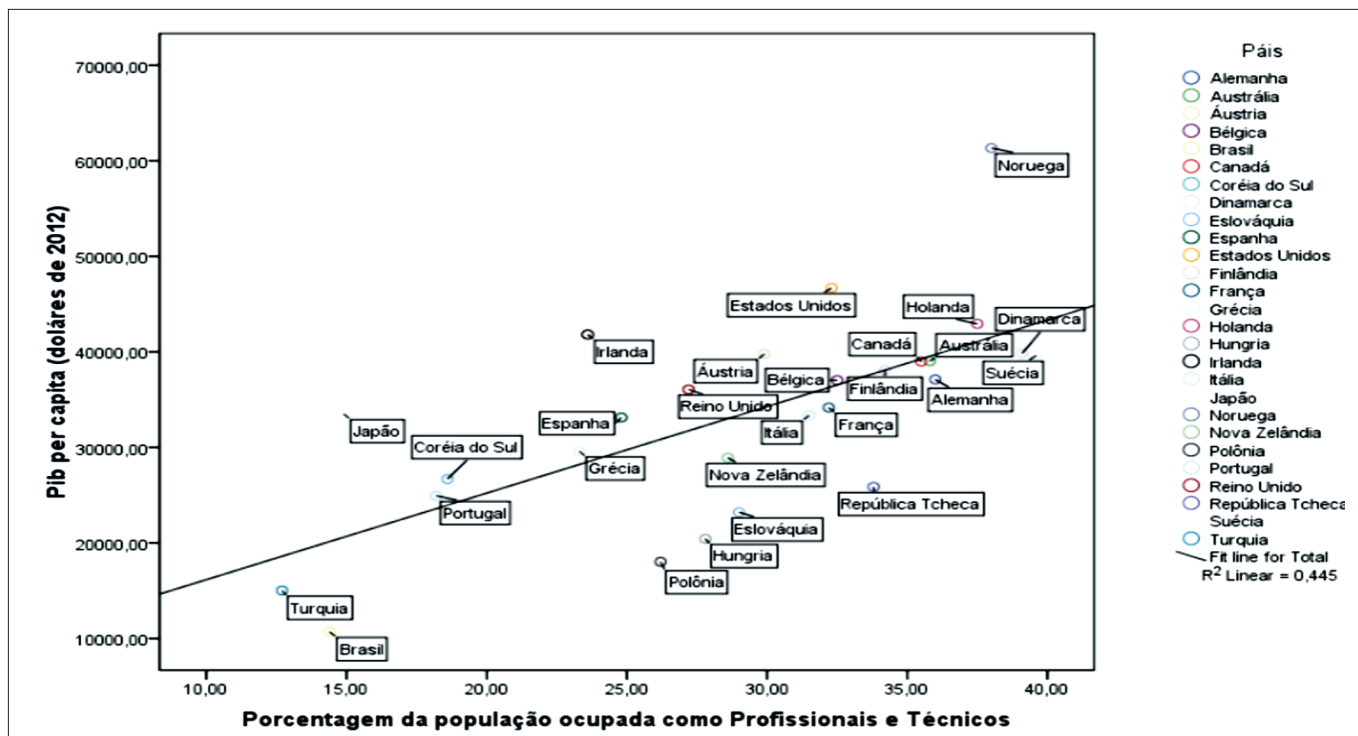
manutenção da infraestrutura são mais importantes que a necessidade de novos empreendimentos, haveria a natural necessidade de menos engenheiros civis por habitante, caso que não ocorre no Brasil. Portanto, a necessidade de formação dos engenheiros em nosso país seria naturalmente diferente dos países desenvolvidos, não se aplicando as regras e escolhas contidas em suas grades curriculares.

O Censo da Educação Superior, produzido pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP) do Ministério da Educação, mostra que discrepância apresentada vem lentamente se corrigindo, pois, em 2000, havia 7,29 engenheiros por 10.000 habitantes e, em 2012, essa razão passou para 13,48 (OIC, 2013). Com a recessão atual, seria interessante avaliar o efeito na relação considerando os profissionais realmente ocupados com a engenharia.

Observa-se que a procura pelos

cursos de engenharia vem aumentando e o mesmo censo anteriormente mencionado mostra que o número de vagas de engenharia subiu entre 2000 e 2012, crescendo 384%, valor maior que os 172% de aumento do total de vagas no ensino superior no mesmo período. No mesmo intervalo, o número de inscritos passou de 6,2% do total de postulantes à universidade para 13,2%, enquanto respectivamente a quantidade de vagas percentuais para as engenharias passou de 5,8% para 10,4%. Esses últimos dados indicam um aumento da atratividade da carreira entre 2000 e 2012.

Em termos absolutos, o Brasil em 2012 possuía 344.425 vagas de engenharia, com 224.087 ingressantes e 54.173 concluintes, sendo que esse último valor indica a formação de 2,79 engenheiros para cada 10.000 habitantes. Comparado com os países desenvolvidos, como ao Coréia do Sul (19,16),



► **Figura 8**
Relação entre profissionais de engenharia e técnicos em relação à população em 2012

Espanha (10,04), Itália (8,36), Estados Unidos (5,22), a quantidade de engenheiros formados no país é modesta.

Apesar da criação intensa de vagas desde o início dos anos 2000, já se evidencia a existência de evasão significativa nos cursos de engenharia. O Censo do Ensino Superior do INEP apresenta que, em 2012, a taxa de evasão era em torno de 25%, bastante alta quando comparada com os 2,5% dos cursos de medicina, cujo público é mais elitizado pela taxa elevada de candidatos por vaga e a perspectiva de ganhos garantidos ao longo da vida do profissional. A evasão é também muito grande em comparação com outros países. Dados do *World Bank* mostram que, em 2013, no Brasil estavam matriculados 516.287 estudantes, enquanto no Japão haviam 483.120, e nos Estados Unidos 749.295. No mesmo ano concluíram no Brasil 41.112 profissionais contra 90.048 no Japão e 99.455 nos EUA, confirmando a evasão e dificuldade de término do curso.

Esse valor de evasão pode ser, de forma preliminar, gerado pelo desempenho inadequado em matemática do ensino médio, demonstrado pelo Programa Internacional de Avaliação de Alunos de 2012 (PISA), da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Nesse estudo, o Brasil ocupa a 33ª posição entre 38 países com avaliação inferior à metade da média, sendo que a maioria dos países têm maior relação entre a quantidade de engenheiros e sua população.

Em termos de mercado de trabalho, no intervalo de tempo entre 2000 e 2012, o Brasil passou por período de retomada econômica, sendo que a quantidade de engenheiros, a grosso modo, dobrou no período, atingindo em torno de 40.000 profissionais. Após esse período, a situação do país se deteriorou e hou-

ve uma significativa redução da atividade econômica, impactando diretamente na construção civil. No seminário “Formação e Emprego de Engenheiros no Brasil: Tendências Atuais”, em 2014, discutiu-se a necessidade de engenheiros no país para vários cenários de crescimento econômico, e existiria uma probabilidade significativa de excesso de engenheiros no mercado. Essa conclusão merece ser analisada com reservas. A porcentagem de engenheiros na população, comparada com o perfil de outros países, mostra que a aplicação de inovação, utilização de tecnologia e desenvolvimento de produtos é fundamental para a geração de riqueza e mudança do perfil socioeconômico brasileiro.

Assim sendo, como já discutido no evento logo acima mencionado, além da quantidade, a qualidade dos engenheiros formados deve ser observada. Sempre tomando o cuidado com generalizações e sabendo-se da existência de exceções de excelência no país, tomando como base o ENADE (Exame Nacional de Desempenho de Estudantes), verifica-se que as notas dos alunos das universidades públicas concentram-se entre 4 e 5, enquanto os das instituições privadas atingem em sua maioria notas 2 e 3. Em nome da justiça de julgamento, deve ser ressaltado que existem excelentes instituições de ensino superior particulares no país. Nos últimos anos, o aumento da oferta de novos cursos chegou à situação onde mais de dois terços dos cursos existentes estão em instituições privadas. As provas em geral são simples e básicas, com problemas às vezes dissociados da realidade do exercício profissional. Em 2012, dos engenheiros atuando no país, apenas 6% dos engenheiros possuíam mestrado ou doutorado, e desses, grande parte trabalhava

com educação e administração pública. A produtividade de docentes também deve ser observada, sendo que o *World Bank* indicou que, em 2013, para cada 100 professores dos cursos de engenharia, no Brasil publicou-se em média 6 artigos, no Japão 28 e nos Estados Unidos 64. Para uma maior precisão da questão da formação de engenheiros, poderia ser realizada análise complementar avaliando a interação da academia com a indústria e a comunidade técnica, verificando se a academia insere novos profissionais com as características necessárias às diversas modalidades do setor produtivo.

4. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES

Nos últimos quarenta anos, o currículo mínimo do curso de Engenharia Civil vem sofrendo mudanças significativas no foco, carga horária e na base formativa, o que, em parte, é natural pela evolução tecnológica e social. Porém, algumas considerações merecem ser apresentadas para uma análise da adequabilidade dos currículos atuais. Nas décadas de 1960 e 1970, os cursos possuíam cargas horárias mais elevadas que as atualmente adotadas.

O Curso que eu fiz possuía em torno de 5.700 horas aulas totais, que é em torno do dobro do currículo mínimo atual, mas somente aulas a mais não formam um parâmetro comparativo. Deve-se avaliar se o que foi retirado no tempo foi importante. O curso tinha caráter formativo com algumas características interessantes, como a existência de dois anos básicos com disciplinas gerais, incluindo matemática e física muito sedimentadas, e os cursos básicos de Desenho e Geometria, Mecânica dos Fluidos,



Resistência dos Materiais, Iniciação aos Materiais de Construção, Mecânica dos Solos e Química. Formava-se um arcabouço científico importante, estruturando a formação tecnológica, deixando o aluno preparado para o entendimento das disciplinas profissionalizantes e suas complexidades, fornecendo tempo para o entendimento do mecanismo envolvido. Os cursos eram abrangentes, mostrando a base de conhecimento para a execução de edificações, pontes, obras protendidas, portos e demais obras de arte, que eram complementados pela execução de projetos com simulação de situações reais durante o curso. Além dessa formação com visão abrangente, o processo de formação era completado nos estágios e durante a vida profissional, num processo de treinamento contínuo que levava inicialmente a uma especialização dentro das diversas áreas do conhecimento da Engenharia Civil.


Entre essa época e os dias atuais, tivemos duas grandes crises econômicas e hoje o país vivencia outra. Houve uma diminuição brusca de investimentos e, com isso, uma diminuição da necessidade de serviços de engenharia e desprestígio da profissão, com fuga de talentos. Simultaneamente, com as restrições orçamentárias, pressão pelo aumento de universitários e limitação do campo de

trabalho, o total de horas e de disciplinas foram diminuindo ao longo do tempo e o curso se concentrando em edificações e pequenas obras. Hoje se observa que várias disciplinas como Concreto Protendido, Pontes e Obras Hidráulicas passaram a ser optativas e as disciplinas formativas foram reduzidas. Os cursos profissionalizantes reduziram a carga teórica, concentrando-se em procedimentos de cálculo e processos.

Essa redução teve como consequência a diminuição da bagagem teórica, com o consequente aumento da insegurança e diminuição da capacidade de inovação e criatividade. Apesar da melhoria significativa da pesquisa nas universidades, principalmente nas públicas, o foco na graduação às vezes diminui pela necessidade de produção docente. Esse fato e o aumento do número de turmas, alunos e orientandos podem ser fatores que fragilizam ainda mais a situação gerada pelas mudanças curriculares das últimas décadas. Sem dúvida, a função primordial dos cursos é a formação de profissionais engenheiros civis que satisfaçam às necessidades da sociedade, e uma discussão maior do assunto é urgente e necessária num país carente de infraestrutura civil.

O perfil dos alunos nas últimas décadas também mudou, seguindo as alterações socioculturais geradas pela concentração urbana, necessidade de

trabalho familiar, disponibilidade de informação e novas tecnologias. Os processos mentais e o comportamento social são diferentes, com algumas novas potencialidades interessantes. Qualquer discussão de currículo deve ter simultaneamente consideradas as abordagens didático-pedagógicas que favoreçam a atenção e a empenhamento com o curso que se transformarão em aprendizado. Também deve considerar o treinamento para as tomadas de decisão contínuas da profissão e a conscientização de sua importância e responsabilidade numa atividade que atua com o patrimônio e a segurança das pessoas. Tarefas complexas numa sociedade hoje com recursos financeiros e humanos limitados

A discussão da grade curricular hoje é necessária para que o esforço gasto na formação de uma categoria indispensável à sociedade atinja plenamente seu potencial e capacidade de geração de benefícios. Também parece fundamental a adaptação e o ajuste contínuo às mudanças tecnológicas e sociais que se desenvolvem exponencialmente e são indissociáveis da capacidade de aprendizado. A criação de condições que favoreçam a inovação aplicada e a criatividade deve ser decorrente da formação integral dos novos profissionais, que são os fatores que geram valor no mundo atual. 

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ACEGEOGRAPHY – Population Density, em <http://www.acegeography.com/population-issues.html>, acessado em 02/02/2017.
- [2] CAPELATO, R.; MORELLI, C. – Mapa do Ensino Superior no Brasil 2015 – Sindicato das Mantenedoras de Ensino Superior – São Paulo: 2015.
- [3] CFM - CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA - No Brasil, Número de Escolas Privadas de Medicina Cresce Duas Vezes mais Rápido que o de Cursos Públicos – acessado em 23 de julho de 2017, Brasília: 2015.
- [4] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC - Climate Change Fourth Assessment Report, Genebra: 2007.
- [5] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC - Climate Change Fifth Assessment Report, Genebra: 2014.
- [6] OLIVEIRA, V. F.; ALMEIDA, N. N.; CARVALHO, D. M.; PEREIRA, F. A. A. - Um Estudo sobre a Expansão da Formação em Engenharia no Brasil - Revista de Ensino de Engenharia da ABENGE, Brasília – DF: ABENGE, 2013, edição especial.
- [7] SALERNO, M. S.; LINS, L. M.; GOMES, L. A. V.; BOTTAN, T. - Tendências e Perspectivas da Engenharia no Brasil - OIC – Observatório da Inovação e Competitividade IAE/USP, São Paulo: 2014.