

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
AERONÁUTICA**



Mateus Lucas de Noronha

Soluções de engenharia para implantação e manutenção
de espaços destinados à educação

Trabalho de Graduação
2015

**Curso de
Engenharia Civil-
Aeronáutica**

Mateus Lucas de Noronha

Soluções de engenharia para implantação e manutenção de espaços destinados à educação.

Orientadora
Prof. Dra. Giovanna Ronzani

Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2015

Noronha, Mateus Lucas de
Soluções de engenharia para implantação e manutenção de espaços destinados à educação. / Mateus Lucas de Noronha.
São José dos Campos, 2015.
Número de folhas no formato 52.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2015.
Orientadora: Prof. Dra. Giovanna Ronzani

1. Implantação de espaços para educação. 2. Design Flexível. 3. Organização de espaços.
I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Soluções de engenharia para implantação e manutenção de espaços destinados à educação.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NORONHA, Mateus Lucas de. **Soluções de engenharia para implantação e manutenção de espaços destinados à educação.** 2015. 51 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Mateus Lucas de Noronha

TÍTULO DO TRABALHO: Soluções de engenharia para implantação e manutenção de espaços destinados à educação.

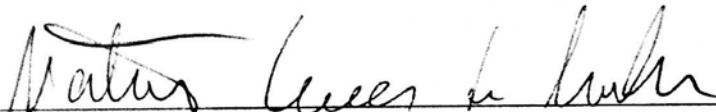
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2015

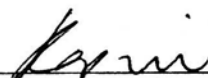
É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.


Mateus Lucas de Noronha
Pça Mal-do-Ar Eduardo Gomes, 50 – Vl. Acácias
12228-900 – São José dos Campos - SP

SOLUÇÕES DE ENGENHARIA PARA IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESPAÇOS DESTINADOS À EDUCAÇÃO

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação


Mateus Lucas de Noronha
Autor


Prof. Dra. Giovanna Ronzani
Orientadora


Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 26 de Novembro de 2015

Dedico esse trabalho a minha família, a minha turma e aos meus amigos
por todo o amor, apoio e companheirismo.

Agradecimento

A Deus por ter me concedido a dádiva da vida e por ser luz no meu caminho até agora.

Ao meu pai, Natanael, pela sua vontade infinita de ajudar as pessoas e a mim. A minha mãe, Rozimere, por toda a dedicação que nunca vi igual.

A minha irmã, Shita, pela amizade e carinho.

A minha turma, civil 2015, pela união, pela ajuda nunca recusada e pelos momentos inesquecíveis.

“Education is the most powerfull weapon
wich you can use to change the world.”
(Nelson Mandela)

Resumo

Este trabalho de graduação tem como objetivo sistematizar e avaliar as contribuições que o espaço pode fornecer ao descompasso existente entre habilidades exigidas na rotina social e de trabalho e as incentivadas pelo sistema educacional. Para isso, são analisadas recomendações gerais para ambientes focados no aprendizado, construções sustentáveis e, finalmente, organização do espaço com base no propósito pedagógico de cada um.

Este trabalho responde como o espaço pode contribuir para potencializar as práticas de aprendizado dentro da escola. O impacto trazido por modificações no ambiente escolar são pontuados por: aprendizado dos alunos, produtividade da instituição e vigor institucional. Além disso, fez-se uma revisão literária sobre design flexível, dado que os objetivos de aprendizagem hoje estão em constante mudança e oferece desafios a espaços fixos.

Recomendações sobre iluminação, cor, qualidade do ar e temperatura, acústica, dimensão da escola e mobília são abordados como elementos que mais impactam no ambiente escolar. A questão de sustentabilidade que além de ser importante na construção do prédio também faz parte do currículo dos alunos, é levantada a fim de conectar gerenciamento do prédio e aprendizado dos alunos sobre o tema.

Finalmente, a organização do espaço é sistematizada de modo a contribuir com o propósito pedagógico de cada ambiente para garantir o máximo retorno na aprendizagem.

Abstract

This graduate work intended to systematize and assess the contributions that space can provide to the mismatch question between skills required in routine and social work and the ones encouraged by the educational system. General recommendations for learning environments, sustainable buildings and, finally, organization of space based on the pedagogical purpose of each were analyzed.

The first question that this work seeks to answer is how space can contribute to leverage learning practices within school. The impacts brought by changes in the school environment were punctuated by: student learning, institution productivity and institutional culture. In Addition, the literature about flexible design needed to be revised, since the learning objectives today are constantly changing and offers challenges to fixed spaces.

Recommendations about lighting, color, air quality and temperature, acoustics, school size and furniture were addressed as key elements to the school environment. The sustainability issue, besides being important in building construction, is also part of the student curriculum, and is addressed to connect the building management and Student learning about the theme.

Finally, the organization of space is systematize to contribute to the educational purpose of each environment to ensure the maximum return on learning.

Lista de Figuras

Figura 1. Evolução do sistema educacional.....	16
Figura 2. Objetivos de uma escola no século XXI.....	17
Figura 3. Conceitos de rede no trabalho.....	17
Figura 4. Desafios globais sobre o gap de habilidades nos próximos 5 a 10 anos.....	18
Figura 5. Principais Fraquezas nas habilidades dos candidatos.....	18
Figura 6. Níveis de solução.....	19
Figura 7. Processo de design.....	21
Figura 8. Ciclo de Design, Construção e Ocupação.....	24
Figura 9. Espaço, tecnologia e pedagogia.....	25
Figura 10. Relação entre objetivos do sistema e ambiente.....	26
Figura 11. Luz planar.....	30

Lista de Tabelas

Tabela 1. Recomendações de iluminação.....	30
Tabela 2. Cores e Estímulos.....	32
Tabela 3. Recomendações de cores e espaços.....	32
Tabela 4. Continuação da recomendação de cores e espaços.....	33
Tabela 5. Qualidade do ar e temperatura.....	36
Tabela 6. Norma para ruídos.....	36
Tabela 7. Recomendações para acústica.....	37
Tabela 8. Recomendações acerca a dimensão da escola.....	39
Tabela 9. Atividades pedagógicas.....	43
Tabela 10. Relação entre espaços e pedagogia.....	44

Sumário

1. Introdução	14
1.1. Considerações iniciais	14
1.2. Origem do sistema educacional	15
1.3. Problematização do mercado de trabalho	17
1.4. Problematização específica do espaço	19
1.5. Estruturação do trabalho	20
2. Contribuição do espaço e o conceito de ambientes focados no aluno	20
3. Processo de design	21
3.1. Empatia	22
3.2. Definição	22
3.3. Ideação	23
3.4. Prototipagem	23
3.5. Testar	23
3.6. Paralelo com o contexto escolar	24
4. Flexibilidade	25
5. Critérios gerais de projeto	27
6. Critérios de implementação gerais e correlação com aprendizado	28
6.1. Iluminação	29
6.1.1. Temperatura de cor	29
6.1.2. Planaridade e direção da luz	29
6.1.3. Iluminação dinâmica ao longo do dia	30
6.2. Cor	30
6.2.1. Produtividade e eficácia	31
6.2.2. Localização e identidade	31
6.2.3. Processo de desenvolvimento	31
6.2.4. Aliviar fadiga	31
6.3. Qualidade do ar e temperatura	33
6.3.1. Entornos e paisagem	34
6.3.2. Proteção contra pássaros	34
6.3.3. Formato e orientação prédio	34
6.3.4. Controle de admissão de ar	34
6.3.5. Estacionamento e áreas de carga e descarga	35
6.3.6. Impermeabilização do teto	35
6.4. Acústica	36
6.5. Dimensão da escola	37
6.5.1. Qualidade dos Professores	37
6.5.2. Taxa de evasão	37
6.5.3. Cultura/Vigor Institucional	38

6.5.4. Problemas de Disciplina.....	38
6.5.5. Envolvimento dos pais.....	38
6.6. Mobiliário	39
7. Critérios de eficiência e sustentabilidade e a relação com aprendizado.....	39
7.1. Energia e Sustentabilidade.....	39
7.2. Telhados verdes.....	41
7.3. Entornos da escola e paisagem	41
8. Espaços organizados por propósito de aprendizagem	42
8.1. Organização do espaço.....	42
8.2. Contribuições do espaço para a personalização do ensino	46
8.3. Espaços voltados para trabalho em equipe, problem solving	47
9. Conclusão	48
Referências	50

1. Introdução

1.1. Considerações iniciais

A passagem de conhecimento para futuras gerações é, institivamente, a maneira que toda geração encontrou para sobreviver. O sistema educacional surgiu desse conceito e evoluiu acompanhando as demandas da sociedade, ou uma minoria dessa, para o que conhecemos hoje. Os conceitos e demandas evoluíram e as habilidades necessárias ao indivíduo para contribuir efetivamente com o progresso do mundo mudaram muito nos últimos anos e estão distantes daquelas do início do século 20. No entanto, o sistema educacional ainda não acompanhou essa mudança e os seus elementos ainda estão alguns anos atrasados. Formação de professores, currículo, testes padronizados, espaços educativos e outros elementos precisam ser revistos. Este trabalho pretende focar na seguinte questão: "Como o espaço pode contribuir para essa mudança?"

O autor desse trabalho, formando em engenharia Civil-Aeronáutica, participou ativamente durante os três primeiros anos da sua graduação na gestão de um cursinho pré-vestibular gratuito que atende cerca de 700 alunos de baixa renda da região do Vale do Paraíba no estado de São Paulo. Hoje é sócio de negócio na área de educação e tecnologia e possui contato diário com mantenedores, coordenadores e professores. Dado isso, o autor pode perceber o descompasso entre espaço físico da escola e os novos objetivos de aprendizagem. Assim, fez sentido unir os conhecimentos adquiridos durante o curso de engenharia e o problema vivido por escolas brasileiras. Importante observar que o sistema educacional brasileiro possui problemas mais básicos que o discutido nesse trabalho, mas acredita-se que a tendência é que nos próximos anos o tema vire prioridade da maioria das escolas brasileiras.

1.2. Origem do sistema educacional

Para entender o modelo atual do sistema educacional é preciso analisar a origem e toda a trajetória do mesmo. O objetivo é determinar os principais fatores que incentivaram as mudanças no sistema e o porquê de cada uma delas.

No início, quando os povos ainda eram nômades e viviam em uma cultura de Hunter-Gatherer (caçador-cuidador) o aprendizado das crianças se dava por meio de observações, brincadeiras e exploração. Adultos pouco influenciavam diretamente no aprendizado dos mais jovens a não ser por compartilhar experiências específicas na produção de ferramentas e utensílios.

Crianças eram responsáveis pelo próprio aprendizado e podiam observar no dia-a-dia como se dava o trabalho dos mais velhos, pois não havia separação clara entre jovens e adultos. A caça, a habilidade de cozinhar, produção de remédios naturais entre outros podiam ser observados pelas crianças e se transformavam brincadeira no seu cotidiano.

Era preciso saber muito para sobreviver naquele tempo. Desde conhecer os hábitos de centenas de animais, saber rastreá-los com o mínimo de pistas até entender o valor nutritivo de várias raízes, frutas e verduras em geral.

Basicamente, para ser um bom caçador e cuidador tinha-se que adquirir um vasto conhecimento sobre plantas e animais, ser capaz de tomar iniciativa e criativo para achar comida e rastrear animais. Porém, não se trabalhava por longas horas e não havia distinção entre trabalho e diversão.

Com o início da agricultura, a exploração do espaço foi suprimida. A obstinação, que antes era virtude, se tornou um vício que deveria ser tirado das crianças.

A agricultura permitiu que os povos se fixassem em um único lugar e tivessem mais filhos. O trabalho no campo de plantar, cultivar e colher não exigia um alto nível de conhecimento e era bastante repetitivo. Ou seja, uma criança com pouco treinamento poderia executar.

A agricultura também mudou a relação entre as pessoas. O acúmulo de terra criou, pela primeira vez na história, uma relação de dependência entre quem tinha terra e quem não tinha. Donos de terra podiam aumentar suas riquezas colocando outras pessoas para trabalhar para si. As principais lições a serem aprendidas agora eram obediência, supressão da vontade própria e respeito/reverência para com os senhores e mestres.

Essa dinâmica se prolongou por milhares de anos até que, especialmente por motivos religiosos, uma ideia de educação compulsória começou a surgir e se espalhar. A ideia foi motivada por novas religiões protestantes que declararam que a salvação das pessoas dependia

da habilidade de leitura das escrituras. Educação era entendida como inculcação e as lições da igreja eram sobre temer a Deus e servidão aos mais velhos.

A indústria viu na escola uma forma de criar melhores operários. Para eles, as lições mais importantes eram pontualidade, obediência, tolerância a longas horas de trabalho e uma habilidade mínima para ler e escrever.

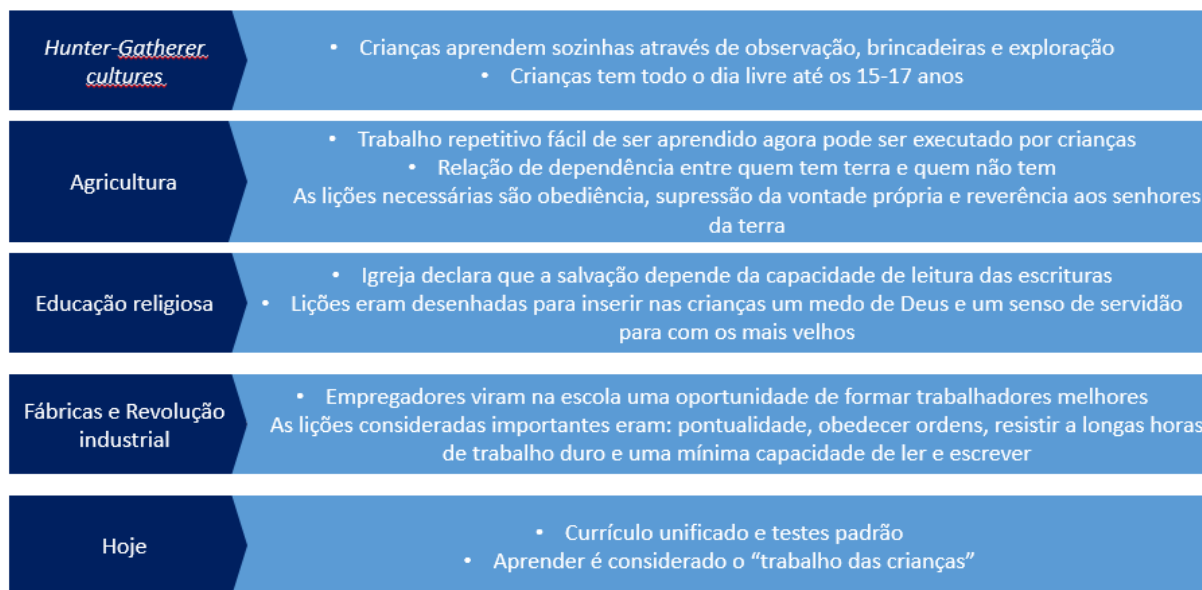
Os países também viram na escola uma forma de criar melhores patriotas e soldados. As lições aqui eram sobre as glórias do passado da nação e a necessidade de defender a pátria.

Assim, escola começou a ser visto como o trabalho das crianças. Os mesmos duros métodos que eram usados para que crianças trabalhassem nos campos e fábricas foram transferidos para a sala de aula.

Hoje, os métodos mudaram e são bem menos duros com as crianças. No entanto, escola ainda é vista como trabalho das crianças. O currículo foi expandido e padronizado para cobrir uma infinidade de tópicos nos 12 anos escolares mínimos.

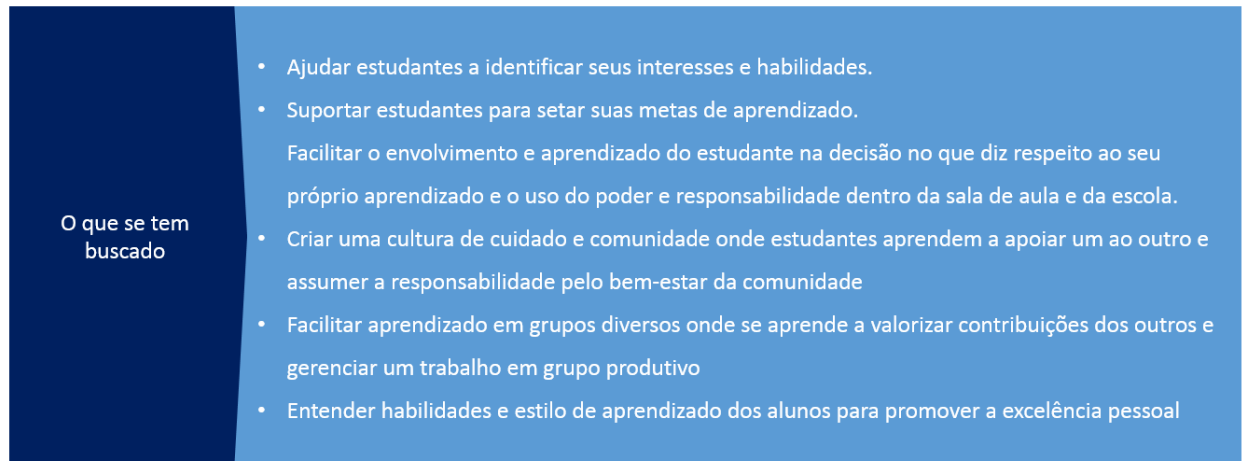
A figura 1 resume a história da evolução do sistema educacional.

Figura 1. Evolução do sistema educacional



O trabalho e a escola estão passando por uma mudança. As habilidades para exigidas agora são outras e o mercado está sentindo dificuldade de achar bons trabalhadores. A figura 2 resume o que algumas escolas tem buscado em termos de objetivo para o século XXI.

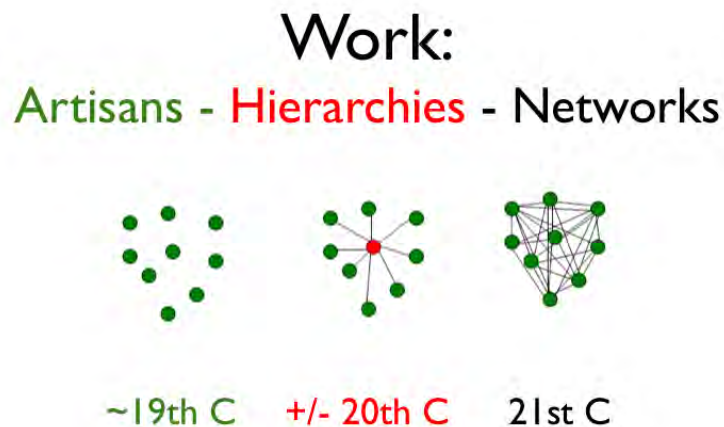
Figura 2. Objetivos de uma escola no século XXI



1.3. Problematização do mercado de trabalho

A dinâmica de trabalho hoje ocorre em ambientes onde a troca de informação e conexão entre colegas de trabalho e entre instituições é enorme. Tecnologias estão conectando pessoas e possibilitando troca de serviços e produtos (transporte privado, hotelaria, etc) sem intermediários. A figura 3 exibe o conceito de fortificação das redes dentro do trabalho.

Figura 3. Conceitos de rede no trabalho



A Mackinsey divulgou uma pesquisa (Education to Employment: designing a system that Works, 2012) sobre o gap de habilidades necessárias ao entrante no mercado de trabalho nos próximos 5 a 10 anos. Em geral, o maior desafio está na desconexão entre habilidades incentivadas pelo sistema educacional e as necessidades da organização, além das habilidades requeridas devido às mudanças tecnológicas. Dentre as habilidades necessárias para o mercado

de trabalho de hoje e que tendem a intensificar com o tempo, estão a criatividade, adaptabilidade e boa comunicação interpessoal como pode ser visto na figura 4. A figura 5 apresenta que a maior fraqueza nos candidatos não é a expertise técnica e sim as soft skills.

Figura 4. Desafios globais sobre o gap de habilidades nos próximos 5 a 10 anos

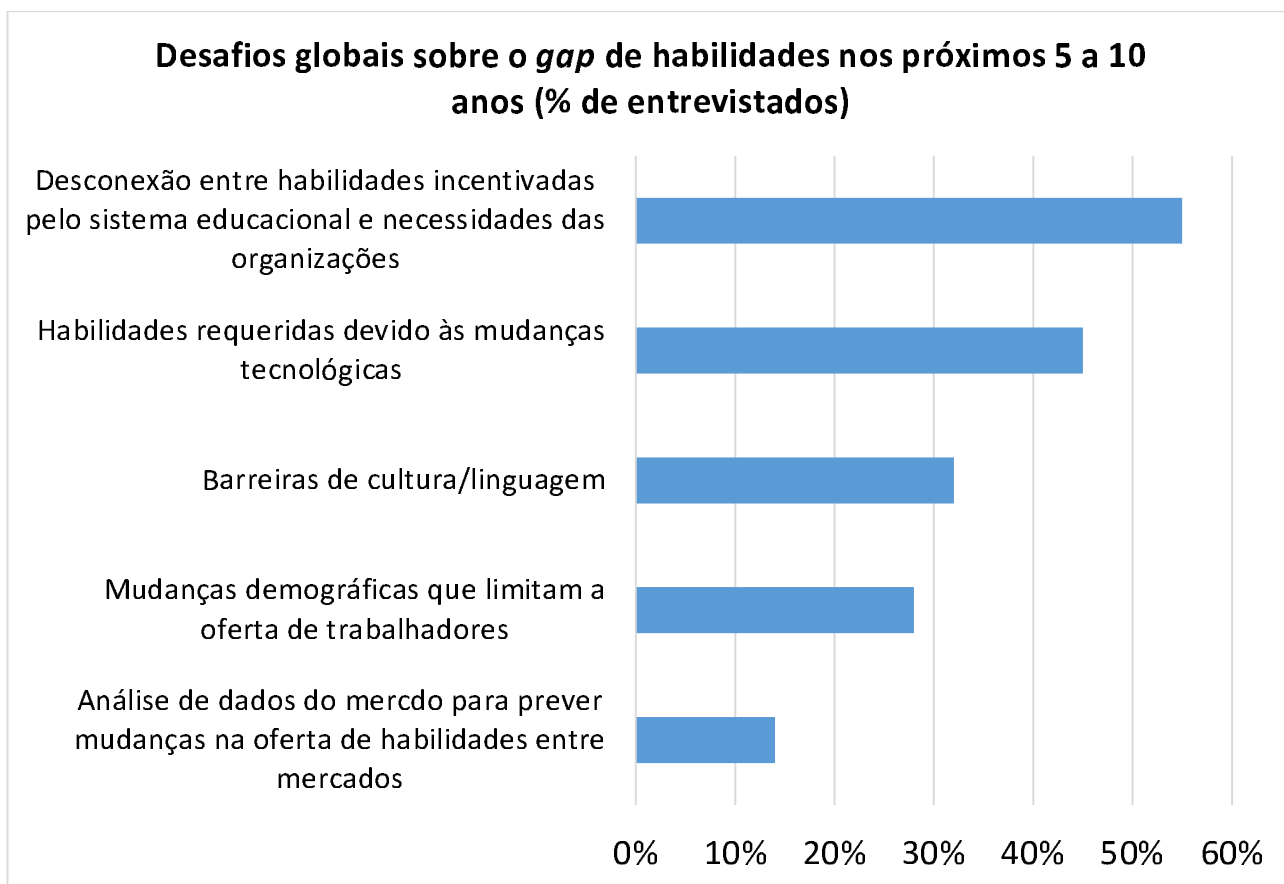
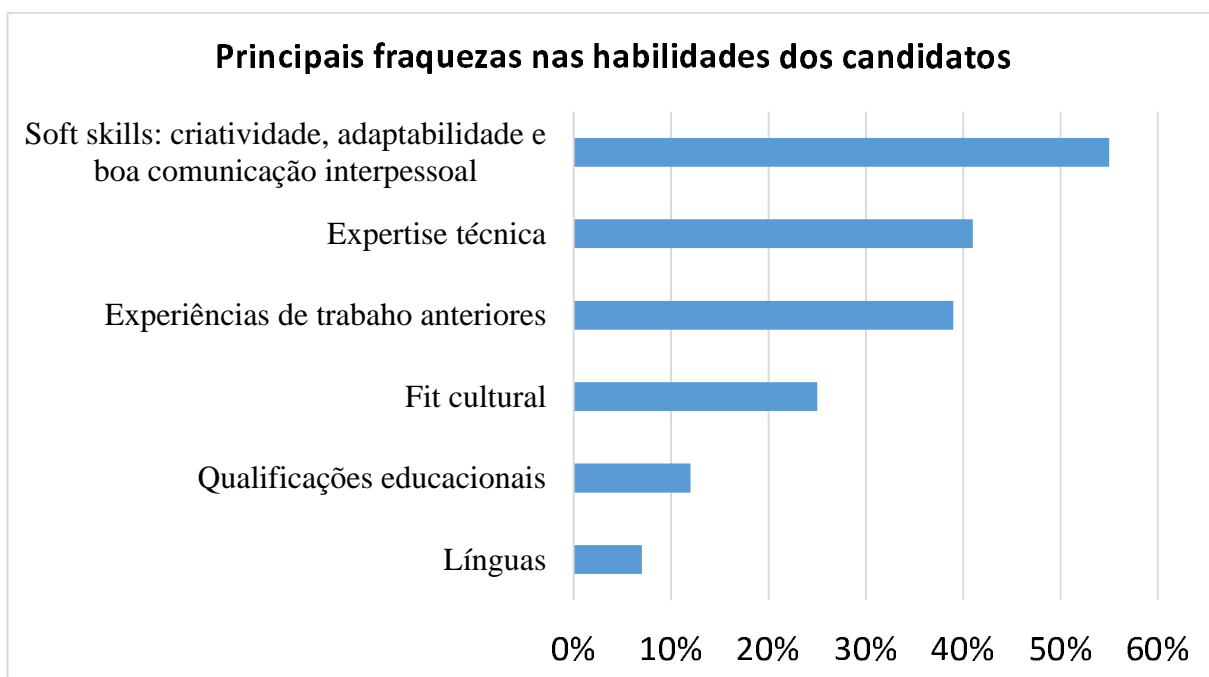


Figura 5. Principais Fraquezas nas habilidades dos candidatos



1.4. Problematização específica do espaço

O cenário descrito apresenta hoje dois problemas principais: espaço escolar descompassado em relação ao objetivo educacional necessário e a falta de clareza e constante evolução das habilidades e competências que devem ser trabalhadas.

A revisão da literatura permitiu sistematizar o problema em três frentes: espaço, pedagogia e tecnologia. O foco desse trabalho é o primeiro embora seja necessário fazer correlações com os outros dois para as recomendações fornecidas.

No contexto do espaço, pode-se estruturar os níveis de solução em três:

Nível 3 – Concentra a maioria das escolas brasileiras hoje. Prédios seguem recomendação NBR (Norma brasileira) e modelo de ensino tradicional (atividade pedagógica de entrega domina quase totalidade do tempo do aluno)

Nível 2 – Além de cumprir todos os requisitos no nível 3, potencializa os espaços de aprendizagem com recomendações específicas de projeto (Iluminação, cor, qualidade do ar e temperatura, acústica, tamanho da escola e mobília). Ainda tem dificuldade de determinar o propósito de cada espaço.

Nível 1 – Além de cumprir todos os requisitos do nível 2, determina-se o propósito de aprendizagem de cada espaço e, a partir daí, a melhor organização de cada um correlacionado com o impacto no desenvolvimento do aluno.

A figura 6 sintetiza os níveis de solução.

Figura 6. Níveis de solução



1.5. Estruturação do trabalho

Neste trabalho são abordados os tópicos necessários para se atingir o nível 1 de solução além do design flexível para descrever o processo de planejamento, construção e expansão de um ambiente dedicado à educação e aprendizado.

Primeiramente são abordados os possíveis impactos diretos e indiretos do ajuste do espaço no aprendizado do aluno. Em seguida, o processo de design flexível é abordado e estabelecido o processo pelo qual cada comunidade pode analisar suas próprias necessidades, planejar e desenvolver planos de ação. As recomendações abordam os critérios básicos de projeto (iluminação, cor, qualidade do ar e temperatura, número de alunos da escola, acústica e mobília), critérios de sustentabilidade e energia e finalmente critérios de organização do espaço por propósito de aprendizado.

2. Contribuição do espaço e o conceito de ambientes focados no aluno

O estudo conduzido nesse trabalho visa principalmente indicar como o espaço pode contribuir com o aprendizado do aluno. Além disso fatores como a produtividade da instituição e vigor/cultura institucional também devem ser analisados pois tem implicações indiretas no aprendizado do aluno. Os principais pontos de impacto de uma das três frentes, segundo Fisher, 2005, estão sumarizados a seguir.

Aprendizado dos alunos

- Incentivam a experimentação
- Incentivam a interdisciplinaridade
- Flexíveis de modo que permitam estilos de aprendizado diferentes
- Comunica com outros ambientes ao redor do mundo
- Conecta Currículo – Espaço – Objetivos

Produtividade da instituição

- Custos de implantação
- Custos de manutenção
- Conexão entre os diversos departamentos (favorece o gerenciamento)
- Captação de alunos
- Retenção de alunos

Vigor/cultura Institucional

- Conforto a todo momento
- Atender todas as necessidades do dia do usuário
- Incentivar comunicação (dentro e fora da instituição)
- Ambientes centrais, abertos e convidativos

3. Processo de design

No contexto de conceber um espaço para maximizar o aprendizado, o conceito de design apresenta o processo de iteração para se atingir o objetivo.

Design nada mais é que um planejamento, porém com base em ciclos de iteração, onde um produto ou serviço mínimo viável é prototipado e testado. A partir dos resultados e dos aprendizados gerados, um novo produto (melhor que o anterior quando o processo é bem conduzido) é gerado. Esse método é mais eficiente que planejamentos tradicionais, onde a dificuldade de prototipar e testar rapidamente, criava uma estrutura rígida de concepção da ideia que apresentava barreiras para evoluir com o tempo. Além disso, dentro de um processo de planejamento tradicional, leva-se mais tempo para se iniciar o projeto, dado que numa estrutura engessada, o prejuízo de uma falha é enorme, pois o produto não pode ser rapidamente modificado e, por isso, as análises tomam mais tempo.

No contexto da escola, os princípios do teste, erro e acerto trazido pelo design remove o stakeholders da zona de conforto e pode trazer indisposições no curto prazo.

Em um estudo da DSchool - Stanford, o processo de design é apresentado em 5 pontos, como ser visto na figura 7.

Figura 7. Processo de design



Cada um dos pontos são explicitados na sequência.

3.1. Empatia

Definir planos e ações para resolver o problema, depende inicialmente de entender o problema, que, geralmente não é do equipe responsável pelo design e sim, de um grupo de pessoas alheias. Dessa forma, é necessário entender o que importante para esse grupo de pessoas, como é rotina, hábitos, gostos e cultura de cada uma. Empatia é capacidade de se identificar com outra pessoa, de sentir o que ela sente, de querer o que ela quer, de apreender do modo como ela aprende. Entrevistas somente não são capazes de identificar as reais necessidades do grupo analisado. É preciso empatia e tempo investido para sistematizar o problema.

O estudo estabelece três conceitos chaves para empatia.

- Observar

Observar o grupo de análise dentro da rotina do dia-a-dia além das entrevistas. Além de muitas vezes acontecer contradição entre o que foi dito na entrevista e a realidade, alguns hábitos podem ser descobertos apenas pela observação.

- Engajar

Prepare uma lista de perguntas e dúvidas e entreviste o grupo de pessoas. Não se limite apenas a longas entrevistas, mas também a conversas informais dentro do ambiente do grupo.

- Mapeamento do processo

Acompanhe os indivíduos em tarefas comuns do dia-a-dia, peça que "pensem em voz alta". Use o ambiente e o seus elementos para aprofundar nas perguntas.

3.2. Definição

Etapa do processo onde o problema e contexto são definidos com base no que foi aprendido na etapa anterior. O objetivo aqui é criar um enunciado claro e objetivo para o problema.

Aqui tem-se a oportunidade de transformar as informações coletadas na fase de empatia em insights.

Um bom enunciado para a definição do problema deve:

- Oferecer foco e frame para o problema
- Inspirar a equipe
- Informar os critérios para avaliar ideias
- Empoderar o time para tomar decisões paralelas independentes
- Capturar a atenção

3.3. Ideação

O objetivo dessa fase é fornecer o insumo necessário para a criação do protótipo. É um período de transição do projeto entre identificação do problema e criação da solução. A condução deve ser feita de forma que:

- Vá além de soluções óbvias e aumente o potencial de inovação
- Descubra outras área de exploração
- Crie fluência (volume) e flexibilidade (variedade) nas suas opções de inovação

3.4. Prototipagem

Nessa fase, o objetivo é colocar as hipóteses a serem testadas em um protótipo simples e barato. Assim, deve-se chegar mais perto da solução final. Um protótipo pode ser desde um quadro com post-its até um dispositivo próximo do produto final.

Os objetivos da prototipagem são resumidos a seguir:

- Resolver o problema mapeado
- Comunicar a solução
- Iniciar diálogo com usuários
- Falhar e aprender rápido e barato
- Testar possibilidades
- Gerenciar o processo de construção da solução

A regra nesta etapa é aprender o mais rápido possível. Por isso, deve-se pensar no mínimo produto viável possível para o protótipo e começar a fabricação de imediato.

3.5. Testar

Essa fase representa a maior oportunidade aprendizado, pois concentra os principais feedbacks dos usuários e a validação, ou não, das hipóteses.

Aproxime o teste o máximo possível da realidade dos usuários e reproduza as condições da vida real. Assim, pode-se mitigar o risco de algo ser provado no teste mas não ter sentido real.

Um bom teste deve:

- Refinar os protótipos e soluções
- Gerar mais aprendizado sobre o usuário
- Refinar o seu ponto de vista

3.6. Paralelo com o contexto escolar

O processo descrito anteriormente é executado na prática de diversas formas. Observações de campo mostraram que escolas no Brasil iniciam por nicho onde o mantenedor possui mais conhecimento e experiência e depois de consolidar o negócio inicial, expandem. Assim ocorre com instituições que iniciam a operação pelas turmas iniciais do Ensino Fundamental I e crescem organicamente, um ano escolar a mais a cada ciclo anual. Ou então, escolas que iniciam por curso livre (cursinho pré-vestibular) e logo após consolidar marcam, lançam Ensino Médio, Ensino Fundamental II e Ensino Fundamental I, nessa ordem.

Tais estratégias são uma excelente oportunidade para aplicar os conceitos de design explicitados, dado que a cada ano um novo conceito de espaço pode ser testado e um novo será construído. O ciclo é apresentado na figura 8 por Lee e Tan, 2011, p. 5.

Figura 8. Ciclo de Design, Construção e Ocupação



Wilson (2008) descreve a fase de design como "o processo de entendimento da interseção entre pedagogia, espaço e tecnologia e as implicações no aprendizado". Esses três elementos se reforçam quando trabalham com o mesmo propósito. Algumas práticas pedagógicas são possíveis apenas em espaços específicos e o ambiente reforça os princípios da atividade. A tecnologia estende o espaço, enquanto esse materializa aquela. Finalmente, a pedagogia é reforçada pela tecnologia pois aumenta a conexão com alunos. A figura 9 mostra a relação entre os três elementos.

Figura 9. Espaço, tecnologia e pedagogia



4. Flexibilidade

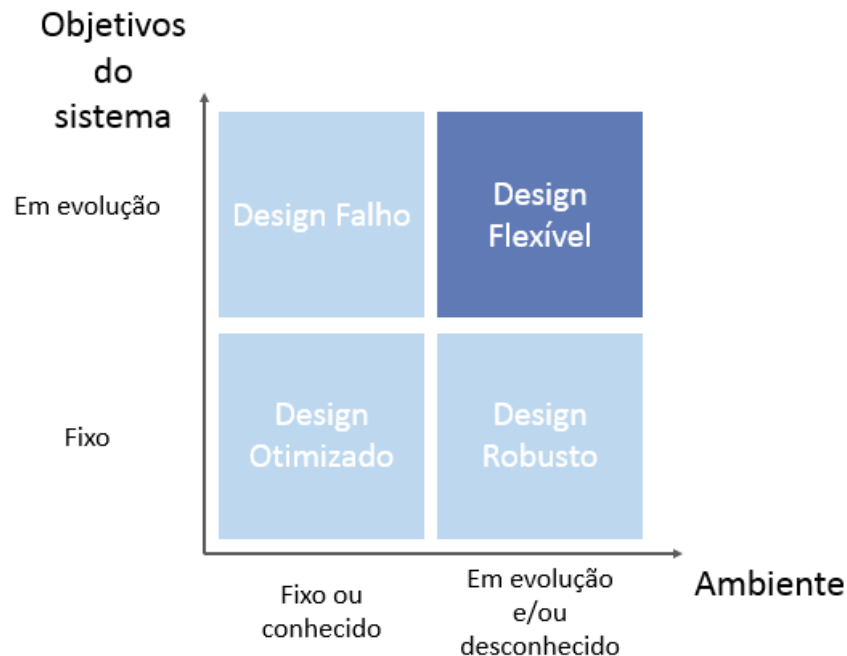
Dado que o processo de design foi bem executado como descrito no item 6 desse trabalho, tem-se uma noção real das necessidades do grupo de pessoas e hipóteses sendo testadas. O desafio então passa a ser as possíveis evoluções do cenário e a consequente mudança dessa foto tirada no processo de design. De De Neufville (2011) introduz o conceito de flexibilidade de maneira bastante simples. Uma planta industrial que foi planejada para produzir uma quantidade fixa de insumos tem dois resultados prováveis: vender mais do que produz e não conseguir atender a demanda ou vender menos do que produz e ter prejuízo, já que a probabilidade da demanda ser igual a uma oferta fixa é ínfima.

No contexto da escola, tem-se três pontos importantes:

- O fato explicado anteriormente do processo de crescimento da escola, iniciar por nicho e expandir para os doze anos escolares, depende muito do processo de flexibilidade para que o crescimento do espaço seja possível ano a ano
- O processo de matrícula nas escolas é renovado ano a ano. Assim, apesar de haver uma previsão de demanda na região, a abertura de uma concorrente ou momento de crise pode mudar o cenário de demanda em um curto espaço de tempo
- Crianças estudando no ano corrente no primeiro ano escolar serão trabalhadores ativos em 2050. Os objetivos de aprendizagem se tornam imprevisíveis e com possibilidade de mudança a qualquer momento o que incentiva mudanças no ambiente.

Portanto, tem-se que os objetivos da escola são mutáveis e, portanto seu ambiente também deve ser para que não se torne obsoleto e repita a realidade que tem-se hoje. A figura 10, adaptada de Saleh(2001) representa esse cenário no quadrante sinalizado.

Figura 10. Relação entre objetivos do sistema e ambiente



Dentro do gráfico apresentado, o pior cenário é um sistema com objetivos e princípios em evolução e um ambiente fixo. Esse é exatamente o cenário das escolas hoje. Outro ponto importante é a velocidade de evolução de sistema hoje: dado que a quantidade de conhecimento e troca é muito alta, o mercado de trabalho e rotina das pessoas evolui rapidamente e portanto as habilidades e competências necessárias também acompanham a mesma rapidez de mudança.

Segundo De Neufville(2001), o design flexível:

- Reconhece a incerteza (mudanças da economia, tecnologia e regulações)
- Analisa mais de um resultado possível de design
- Reduz ou elimina riscos (geralmente com projetos iniciais menos robustos e com risco mitigado)
- Maximiza as oportunidades (podem se adaptar ao longo do tempo dado as circunstâncias)
- 20 a 30 % de ganho no valor gerado para o grupo de pessoas em questão

De Neufville (2001) apresenta os três blocos principais para implementação do design flexível, como pode ser visto a seguir.

- Reconhecimento da incerteza

Análise da série histórica de evolução do mercado e demanda. Procura-se determinar a taxa de erro de previsões passadas e o seu desvio padrão. Além disso, busca-se outros fatores que possam alterar o cenário no médio/longo prazo, como novas regulamentações ambientais, mudanças de tecnologia, competidores e etc.

No contexto escolar, é preciso analisar desde a demanda da região, a previsão de crescimento, a tendência do bairro (residencial ou comercial), facilidade de acesso até a mudança do currículo nacional e os próximos passos do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio), por exemplo.

- Simulação da performance para uma série de cenários
 - Desenvolvimento de cenários simples. Em geral, o tempo investido em construir cenários muito fiéis não retornam em função da variação de previsões inclusas no modelo.
 - Simulação de cada cenário.
 - Identificar cenários mais prováveis e aprofundar a análise.
- Avaliação multi-dimensional
 - Todos os resultados devem ser distribuições dado que as variáveis de previsão também são.
 - Avaliação deve ser multi-dimensional em função do número de variáveis.
 - Utilize métricas relevantes: retorno esperado, investimento inicial (Capex)

5. Critérios gerais de projeto

Na construção do prédio escolar, dois pontos devem ser considerados na fase de planejamento e projeto: espaços necessários e os critérios de implementação de cada um.

Fisher (2005) defende que o espaço da escola deve ser desenhado para cobrir uma série de diferentes estilos de aprendizagem. Nair (2006a) inclui outros espaços importantes para a escola relacionados a aproximação da escola com a comunidade. A escola deve incluir áreas para:

- Base do estudante
- Espaços individuais (espaço para pensar)
- Espaço de aprendizado em grupo
- Incubadora
- Espaço de apresentação
- Espaço de exibição

- Espaço para projetos
- Laboratórios especializados
- Aprendizado ao ar livre
- Espaços de "quebra"
- Espaço para reunião de professores

Armazenamento de recursos Conforme já apresentado nesse trabalho, cada espaço deve ser implementado baseando-se nas habilidades e competências a serem desenvolvidas com os alunos. Além disso, o fator de flexibilidade é necessário devido a possíveis mudanças no ambiente da escola e sociedade que podem modificar os objetivos de aprendizagem e consequentemente o espaço.

A Joint Information Systems Committee, organização inglesa que divulgou relatório sobre design de espaços de aprendizado do século 21, defende cinco pontos gerais: flexíveis, adaptáveis, robustos, criativos e empreendedores. Nair (2006) aprofunda o estudo e apresenta pontos mais detalhados. Os parâmetros estão resumidos:

- Flexíveis para acomodar metodologias pedagógicas atuais e futuras (Future-proofed)
- Paredes operáveis (e transparentes) e conexão entre ambientes
- Robustos para ir além das metodologias e tecnologias já testadas
- Criativos para inspirar educadores e educandos
- Oferecer suporte para desenvolver todos os tipos de alunos
- Maximizar o uso de luz e ventilação natural e controle acústico
- Equipamentos e mobília inovadora
- Suporte tecnológico para suportar o conceito de aprender em qualquer lugar a qualquer hora
- Paisagem ao redor da escola deve ser inspiradora

6. Critérios de implementação gerais e correlação com aprendizado

Elementos da construção e implementação do espaço escolar, como tamanho das salas, densidade e cor, influenciam em grau maior ou menor o comportamento e aprendizado dos alunos. Uma pesquisa do departamento de educação da Austrália (DETYA - Department of Education, Training and Youth Affairs) que coletou dados durante 20 anos, revelou, dentre uma seleção de 27 elementos, 6 que se destacaram como os mais críticos de uma construção em que seu processo de design, implementação e manutenção com impacto direto na performance e

atitude dos alunos, sendo (i) iluminação, (ii) cor, (iii) qualidade do ar e temperatura, (iv) acústica, (v) dimensão da escola e (vi) mobília.

6.1. Iluminação

Estudos da pesquisa conduzida indicaram que ambientes onde a iluminação foi bem planejada e mantida melhora a performance de alunos do 5º e 6º Ano. Estudos médicos revelaram que a presença de luz natural regula o ritmo circadiano, ou seja, o período de 24 horas no qual se baseia o ciclo biológico de quase todo ser vivo, tornando esse fator vital para a construção.

O Transfer Center de Neurociência e aprendizado da Alemanha também investigou, em 2011, os efeitos da iluminação em espaços educativos. O estudo determinou três características do ambiente que estimulam positivamente o sistema biológico dos alunos, os quais são apresentados na sequência.

6.1.1. Temperatura de cor

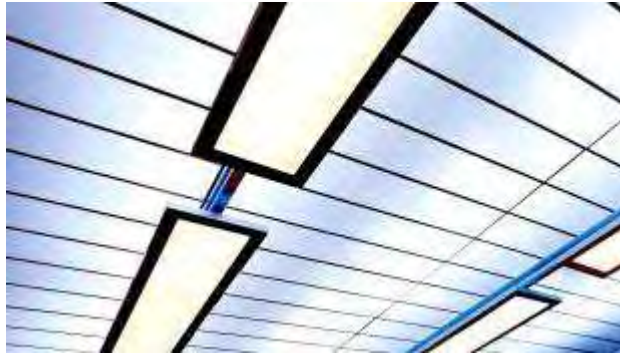
Os receptores biológicos do ser humano respondem particularmente forte a luz azul, o que significa que a retina é excitada especialmente por fonte de luz de alta temperatura (quanto mais alta a temperatura mais clara é a tonalidade de cor da luz). A pesquisa indica fontes de 8000 kelvin ou maior para as ambientes de aprendizado.

Lâmpadas de halogênio podem ser utilizadas, apesar de consumir mais que lâmpadas fluorescente ou LED.

6.1.2. Planaridade e direção da luz

Os fotorreceptores estão dispostos de maneira uniforme na retina e o maior estímulo é atingido ativando todos simultaneamente e isso pode ser atingido com iluminação planar. Além disso, os receptores mais sensíveis estão localizados na parte inferior da retina, assim luz vindo de cima causam as maiores excitações. Na natureza, o céu faz esse papel, já em um ambiente fechado, pode-se usar fonte de luz planas ou superfícies iluminadas.

Figura 11. Luz planar



6.1.3. Iluminação dinâmica ao longo do dia

O organismo usa os inputs de intensidade de luz ao longo do dia para se autorregular. Dentro de um ambiente fechado, o mesmo efeito deve ser reproduzido para simular a luz natural e configurar as fases de alta atividade e calma do corpo. Na prática, dois controles são importantes ao longo do dia: temperatura da cor e direção da luz (direta ou indireta).

A tabela 1 resume os pontos apresentados sobre iluminação.

Tabela 1. Recomendações de iluminação

Iluminação - Recomendações	
Temperatura da cor	Fontes de luz de alta temperatura Atenção para o consumo de lâmpadas de halogênio
Planaridade e direção da luz	Fonte de luz planar
Iluminação dinâmica ao longo do dia	Controle da temperatura da luz Controle da direção da luz

6.2. Cor

Faltam estudos quantitativos nesse campo de estudo, mas especialistas concordam que as cores de um ambiente podem influenciar comportamento, aprendizado e concentração dos estudantes. No geral, o design de cores de um ambiente deve:

- Suportar as atividades e foco da construção
- Evitar estimulação acima e abaixo do ideal
- Criar efeitos emocionais e psicológicos positivos

Os efeitos da funcionalidade da cor dentro de um ambiente podem ser divididos nos seguintes pontos abaixo:

6.2.1. Produtividade e eficácia

Estudo conduzido pela marinha americana, onde foram implementadas esquemas de cores em ambientes de trabalho durante 3 anos, indicaram uma redução de 28% de acidentes nos ambientes planejados com o conceito de design de cor em relação ao grupo de controle (Birren, Faber. *The Power of Color*. Carol Publishing Group, New Jersey, 1997). Outro estudo independente semelhante demonstrou um aumento na produtividade de 25% na produtividade dos trabalhadores nos ambientes não monotônicos.

Dentro da sala de aula, cores podem melhorar o tempo de atenção (*span of attention*) dos estudantes. Estudo conduzido em 1983 por Harry Wohlfarth em 4 escolas, demonstrou que espaços que ofereciam melhores condições de iluminação e cor mostraram o maior impacto em performance acadêmica e testes de QI – Quociente de Inteligência.

6.2.2. Localização e identidade

Escolas bem planejadas e atualizadas possuem espaços diferentes de aprendizado e não somente salas de aula padrão. No entanto, esse tipo de estrutura, especialmente para crianças mais novas, apresenta um desafio de localização. A identificação de espaços por cor pode ajudar na localização e identidade de cada ambiente. Além disso, pode-se usar a cor para conduzir a atenção das crianças para o que é considerado mais importante e reduzir a importância de áreas secundárias.

6.2.3. Processo de desenvolvimento

Importante ressaltar que o design de cor dos ambientes deve acompanhar o desenvolvimento dos alunos. Crianças mais novas reagem muito bem a fortes contrastes de cor e brilho intenso. Com o passar dos anos, no entanto, cores mais amenas são mais adequadas.

6.2.4. Aliviar fadiga

Astenopia é uma doença dos olhos diagnosticada por dilatação da pupila em ambientes de intensidade de luz estática, redução na habilidade de focar e incapacidade de detectar pequenas diferenças de brilho. Uma prática que evita esse tipo de doença entre os alunos é o tratamento

da parede frontal da sala para relaxar a visão. Especialistas recomendam tons de matiz média para essa parede enquanto que as outras devem ter tons neutros.

Gimbel e Pile 1997 mapearam os impactos de cada cor no comportamento dos alunos e geraram a tabela 2 que contém informações sobre o estímulo.

Tabela 2. Cores e Estímulos

Cor	Estímulo
Vermelho	Alerta, pulso intenso
Laranja	Movimento, felicidade
Amarelo	Desapego, respiração superficial
Verde	Equilíbrio, julgamento
Turquesa	Calmo
Azul	Relaxante, indução ao sono
Violeta	Meditação
Magenta	Contentamento
Preto	aumenta a resposta emocional
Branco	Forte, decidido

Pode-se relacionar as cores com os respectivos ambientes onde cada uma é adequada. A tabela 3 resume as recomendações.

Tabela 3. Recomendações de cores e espaços

	Base do estudante	Espaços individuais (espaço para pensar)	Espaço de aprendizado em grupo	Incubadora	Espaço de apresentação	Espaço de exibição
Vermelho	N	N	N	S	N	
Laranja	N	N	N	S		
Amarelo	não recomendado					
Verde	S	S	S		S	S
Turquesa	S	S		N		
Azul						
Violeta						
Magenta						
Preto	não recomendado					
Branco	não recomendado					

Tabela 4. Continuação da recomendação de cores e espaços

	Espaço para projetos	Laboratórios especializados	Aprendizado ao ar livre	Espaços de "quebra"	Espaço para reunião de professores	Armazenamento de recursos
Vermelho			S	N	N	
Laranja			S	S	N	
Amarelo	não recomendado					
Verde	S	S		S	S	
Turquesa						S
Azul					S	
Violeta						
Magenta				S		
Preto	não recomendado					
Branco	não recomendado					
Legenda: S -> Sim, recomendado N -> Não, não recomendado Em branco -> Recomendação neutra						
Recomendações gerais: - Espaço de passagens e corredores são uma ótima oportunidade para mostrar a identidade da escola e comunidade - Atenção para adaptar a intensidade e variação de cores ao longo dos anos escolares - As cores também podem identificar lugares e orientação						

6.3. Qualidade do ar e temperatura

Pesquisas de opinião conduzidas com alunos pelo departamento de educação da Austrália (DETYA) mostraram que as queixas relativas a desconforto estão correlacionadas a temperaturas superiores a 25°C nos ambientes escolares. O que ocorre é que temperaturas nessa faixa com condições precárias de umidade faz com que o esforço físico para respirar se torne maior e nível de concentração menor. Além disso, tais condições reforçam a abstenção de alunos, dado que criam ambientes favoráveis a doenças e transmissão de bactérias entre alunos.

O fato de crianças respirarem um volume maior de ar em relação ao peso do corpo e a densidade dos ambientes de escola serem maiores que de escritórios são agravantes desse tópico para a estrutura escolar.

Richard Hall descreve em seu manual (School Indoor Air Quality - Best Management Practices Manual, 2005) para controle de qualidade interna do ar de escolas seis pontos

principais para planejamento do prédio e entornos, como são apresentados no sub-tópico a seguir.

6.3.1. Entornos e paisagem

O posicionamento e colocação de árvores, arbustos e gramados deve ser planejado dado que pode oferecer vantagens, mas também desvantagens para o ambiente escolar.

Enquanto a vegetação pode oferecer boas condições de controle de temperatura interna, bloqueio de insolação direta em horários de pico e capturar partículas carregadas pelo ar, também pode ser fonte de contaminantes. Crianças são, muitas vezes, alérgicas ao pólen e a manifestações de fungos. Dessa forma, é necessário que a vegetação não fique perto de entradas de ar ou sistemas de refrigeração.

Além disso, a manutenção deve evitar pesticidas ou outros tipos de químicos.

6.3.2. Proteção contra pássaros

O formato da cobertura e dos sistemas de entrada de ar e refrigeração não podem permitir a criação de ninhos de pássaros. Além do fator alérgico quanto a presença de pássaros, os dejetos gerados são proliferadores de doenças e pode ser potencializado por um sistema de ventilação.

6.3.3. Formato e orientação prédio

Prédios devem ser construídos e orientados de modo a aproveitar os ventos predominantes e evitar o acúmulo de poluentes dentro do ambiente.

A proximidade com outros prédios deve ser verificado de modo a não coincidir exaustão de um com entrada de ar de outro.

6.3.4. Controle de admissão de ar

Quanto maior a admissão de ar mais o prédio estará vulnerável ao clima e ambiente externo. Dependendo da região em questão, pode oferecer vantagens e desvantagens. O controle de umidade por exemplo pode custar caro e ambientes muito úmidos causam desconforto nos usuários. Além disso, em regiões próximas de tráfego intenso e indústrias em geral, deve-se atentar para a entrada de poluentes e ao seu controle no ambiente.

6.3.5. Estacionamento e áreas de carga e descarga

Para estruturas maiores, grandes estacionamento podem acumular uma grande quantidade de poluentes, especialmente pela densidade de carros trafegando em baixa velocidade. O sistema de exaustão deve ser isolado de modo a evitar que parte desse ar seja inserido no ambiente interno do prédio.

As passagens de entrada entre as áreas de estacionamento e prédio devem ser distantes da maior concentração de tráfego.

Medidas educativas podem ser implementadas com o prédio em funcionamento como pedidos para desligar motores e placas para orientação.

6.3.6. Impermeabilização do teto

Problemas relacionados a má impermeabilização da cobertura do prédio são recorrentes e impactam diretamente na qualidade do ar. O telhado da construção deve ser capaz de escoar água da chuva e não permitir infiltrações.

No interior dos ambientes, infiltrações aumentam a umidade do ar, promovem o surgimento de fungos e deterioram o revestimento. Além do desconforto, esses fatores provocam efeitos alérgicos e promovem ambiente favorável ao surgimento de doenças.

. A tabela 5 resume os pontos sobre qualidade do ar e temperatura.

Tabela 5. Qualidade do ar e temperatura

Qualidade do ar e temperatura	
Entornos e paisagem	Utilizar a vegetação ao redor para controle de temperatura interna Atenção para espécies que são fonte de contaminantes (pólen e fungos)
Proteção contra pássaros	Bloquear entrada de pássaros, especialmente na admissão de ar e sistema de refrigeração em geral
Formato e orientação do prédio	Aproveitamento dos ventos predominantes na região Atenção para a proximidade com a exaustão de outros prédios
Controle de admissão do ar	Atenção para a qualidade do ar externo, principalmente no controle de umidade e poluentes
Estacionamento e áreas de carga e descarga	- Isolamento do sistema de exaustão do estacionamento a fim de evitar a contaminação do ambiente interno
Impermeabilização do teto	- Atenção para o controle de umidade interna

6.4. Acústica

A acústica da escola deve estar preparada para isolar ruídos internos e externos, desde interferência entre salas até barulho vindo de rodovias e aeroportos, por exemplo.

Ruídos inadequados tiram a concentração, causam estresse e interrompem atividades entre alunos e professores. Além disso, a consciência de que a escola não está preparada acusticamente reduz a liberdade pedagógica de professores.

A NBR 10152/1987 estabelece normas para valores de conforto e máximo de ruído para alguns ambientes da escola, como pode ser visto na tabela 6.

Tabela 6. Norma para ruídos

Ambiente	dB(A)
Bibliotecas, salas de música, salas de desenho	35-45
Salas de aula, Laboratórios	40-50
Circulação	45-55

Um mitigador simples do problema de acústica é o carpete que embora tenha um custo extra de manutenção em função da limpeza para que não prejudique alunos alérgicos não apresenta altos custos de implementação. Outras soluções passam por tetos/telhas acústicas,

revestimento interno para paredes entre salas e até defletores de som em ambientes maiores. A tabela 7 resume os pontos de recomendação de acústica.

Tabela 7. Recomendações para acústica

Acústica	
Principais desafios	Ruídos externos (rodovias, aeroportos) Isolamento interno entre ambientes de alto ruído e espaços de silêncio
Possíveis soluções	Carpete como mitigador simples e barato Telhas/tetos acústicos Revestimento interno para paredes Defletores de som

6.5. Dimensão da escola

Estudos feitos até o momento não mostram uma correlação clara entre tamanho das escolas e performance dos alunos ou qualquer outro fator que pudesse ser generalizado. Harnisch (1987) calculou uma correlação de 0,13 entre tamanho da escola e desempenho acadêmico.

Estudos qualitativos demonstram que alunos extrovertidos e expansivos adaptam-se melhor a escolas de maior porte. No entanto, outros fatores indiretos podem ser relacionados ao porte da escola.

6.5.1. Qualidade dos Professores

Jackson (1996) demonstrou que escolas maiores tem melhores professores em comparação a escolas de menor porte. Isso ocorre devido a maior estrutura, plano de carreira, benefícios e marca. A comparação entre os dois grupos de professores baseou-se em currículo e certificados.

6.5.2. Taxa de evasão

Cotton (1996) estudou a relação entre tamanho da escola e taxa de evasão e concluiu que escolas menores possuem taxa de evasão menor.

Pittman e Haughwout(1987) quantificaram a questão e em um estudo que envolveu 744 escolas públicas americanas, a taxa de evasão em escolas com menos de 667 alunos foi de 6,4% enquanto que em escolas com mais de 2091 alunos, o número é 12,1%.

Algumas hipóteses podem ser levantadas para essa realidade:

- Escolas pequenas são mais próximas da comunidade, por isso o canal de comunicação entre escolas e pais são mais abertos e possíveis problemas podem ser resolvidos antes da evasão.
- O impacto da saída de um aluno dentro de uma escola pequena é muito alto e pode significar uma redução grande na margem do negócio, por isso a maior preocupação com a evasão.

A mesma lógica funciona para frequência diária de alunos. Pesquisadores consistentemente comprovam que a frequência diária média dos alunos é maior em escolas pequenas (Lindsay, 1982; Gregory & Smith, 1987, Cotton, 1996).

6.5.3. Cultura/Vigor Institucional

Goodlab (1984) demonstrou que a satisfação de professores e alunos tende a ser maior em escolas menores. Isso ocorre porque o fato da escola ser grande tem impacto negativo no vigor institucional.

Meier (1996) publicou pesquisa onde 30% dos alunos tinha sentimento de pertencimento em escolas com mais de 400 alunos e em escolas menores o número subia para 70%. Esse sentimento era causado por:

- Alunos de escolas de pequeno porte geralmente se conhecem e se respeitam
- O anonimato de grandes escolas aumentam a agressividade
- Escolas menores são mais próximas da família dos alunos

Além disso, Edingotn e Gardener (1984) acharam um maior nível de cooperação entre professores e alunos de escolas menores.

6.5.4. Problemas de Disciplina

Haller (1992) encontrou menos incidências de indisciplina por aluno em escolas com tamanho médio de 443 alunos em comparação com escolas com 1200 alunos em média.

Escolas maiores tendem a se preocupar mais com a questão da disciplina e para isso, criam regras institucionais restritas quanto a comportamento. Essa fator está relacionado com a taxa de evasão e satisfação dos alunos.

6.5.5. Envolvimento dos pais

A proximidade da família é essencial na construção do desempenho acadêmico dos alunos. Thomas (1987) achou forte correlação entre laços entre professor e pais e performance dos alunos.

Walberg (1992) descobriu que o envolvimento da família tende a ser maior em escolas pequenas. Isso ocorre pois escolas pequenas são menos intimidadoras, mais próximas da comunidade, professores e pais se conhecem pessoalmente e isso facilita a interação.

A tabela 8 resume os pontos sobre dimensão da escola

Tabela 8. Recomendações acerca a dimensão da escola

Dimensão da escola	
Qualidade dos professores	Escolas maiores tem, na média, professores melhores
Taxa de evasão	Escolas menores tem taxa de evasão menor
Cultura/Vigor Institucional	Usuários de escolas menores tem maior sentimento de pertencimento ao espaço
Problemas de Disciplina	Escolas maiores possuem mais incidências de indisciplina por aluno
Envolvimento dos pais	Comunidade em geral é mais próxima de escolas menores

6.6. Mobiliário

Mobília não adequada ou desconfortável pode causar problemas de postura, baixa concentração e dificuldade de escrita conforme apontado no relatório da UNESCO (UNESCO's Educational Building and Furniture Programme).

A mobília ideal deve atender a quatro critérios:

- Suportar diferentes estratégias de aprendizado
- Eficientes e sustentáveis
- Seguras
- Removam barreiras para concentração e comunicação

7. Critérios de eficiência e sustentabilidade e a relação com aprendizado

7.1. Energia e Sustentabilidade

Prédios sustentáveis aumentam a eficiência do uso de energia, água e outros materiais e reduzem o impacto na saúde humana e no ambiente no ciclo de vida da construção.

O conceito vai além das paredes prediais e podem incluir planejamento do campo ao redor, comunidade e transporte. A importância das construções sustentáveis podem ser resumidas nos seguintes pontos:

- Economia de recursos nas fases de construção e manutenção
- Redução do impacto da obra sobre o ambiente
- Redução do consumo de água e energia durante a operação do prédio
- Produtividade dos ocupantes
- Melhor qualidade de vida e conforto na construção

Tratando-se de uma escola, o engajamento dos alunos no gerenciamento de um ambiente sustentável é uma excelente ferramenta de aprendizado.

O processo de design do prédio escolar pode ser particionado em 9 pontos:

- 1) Gerenciamento
- 2) Qualidade do ambiente interior
- 3) Energia
- 4) Transporte
- 5) Água
- 6) Materiais
- 7) Uso da terra
- 8) Emissões
- 9) Inovação

O design de soluções eficientes no consumo de energia se vale de alguns drivers:

- Construção orientada para maximizar a entrada de luz natural e ar para reduzir gastos com climatização
- Sombreamento apropriado e uso de vidro de baixa emissividade
- Uso da ventilação cruzada
- Insolação adequada em paredes, tetos e chão
- Iluminação artificial reduzida e eficiente

Gestões e professores da escola podem aproveitar o tema para conduzir projetos de geração de energia e análise de eficiência juntos dos alunos. Grandes áreas no telhado, por exemplo, podem servir de base para células eletrovoltaicas. No verão brasileiro o consumo de energia aumenta bastante devido à demanda de climatização de ambientes. No entanto, nessa estação, escolas estão de férias e o consumo de energia interno é mínimo de forma que parte da energia produzida pode ser repassada à comunidade.

Na volta das férias, professores e alunos podem, por exemplo, analisar o quanto economizaram em emissões de carbono junto da comunidade.

Outro fator central é a ventilação. A ventilação está ligada diretamente a necessidade de sistemas de climatização e prédios mais modernos já tem controle automático que gerencia entrada e saída de ar junto do sistema de ar-condicionado, buscando reduzir os custos e interferência humana.

Estudos mostraram que melhorias na qualidade do ar reduzem vários tipos de doenças respiratórias. Kats (2006) estudou o impacto da qualidade do ar e concluiu que prédios com boa qualidade do ar e ventilação apresentaram uma incidência 51% menor de gripes e resfriados. Schneider (2002) mostrou que a combinação de índices altos de CO₂ e ventilação pobre reduzem as habilidades dos estudantes de se concentrarem o que afeta o aprendizado e performance acadêmica.

Outro ponto chave é o uso de luz natural dentro do prédio. Além de economizar energia, pode-se criar um melhor ambiente de aprendizagem. Estudos conduzidos em escolas americanas, mostrou que em classes com iluminação natural, estudantes progrediram 20% mais rápido em matemática e 26% mais rápido em habilidades de leitura em comparação a grupo de controle onde as salas eram iluminadas artificialmente.

7.2. Telhados verdes

Os telhados verdes tem cada vez mais sendo alvo de estudos e implementações. Na Alemanha, estima-se que 10% dos prédios já tenham telhado verde, os chamados gree roofs. O principal benefício dos telhados verdes é a economia com consumo de energia na climatização do ambiente. A seguir são listados outros fatores:

- Estética
- Contribuição para a redução da chamadas "ilhas de calor"
- Melhor controle do escoamento de água de chuva, evitando enchentes e erosão

7.3. Entornos da escola e paisagem

O design da paisagem ao entorno da escola, além de trazer benefícios estéticos claros, pode contribuir na redução de custos de climatização. O estudo conduzido pela Victoria Landscape Design (Sustainability Victoria Landscape Design fact sheet - 2007) mostrou que simples sombras de árvore podem reduzir a temperatura interna entre 1 e 6°C. Para áreas mais frias deve-se atentar a espécies escolhidas para que haver insolação no inverno.

O cuidado com a paisagem ao redor da escola pode ser uma ferramenta para envolver alunos e professores com as iniciativas de sustentabilidade, além do aprendizado sobre microclimas e impacto na construção. Essa frente também pode incentivar envolvimento da comunidade e fazer com que alunos passem as boas práticas de gerenciamento de paisagem/ambiente externo.

8. Espaços organizados por propósito de aprendizagem

8.1. Organização do espaço

Fisher (2005) estuda um próximo nível no que diz respeito a relação do espaço com performance de alunos. Ao contrário dos critérios citados anteriormente nesse trabalho, onde cada um influencia a capacidade e velocidade de aprendizado geral do aluno, Fisher (2005) aborda elementos e organização do espaço personalizados para cada tipo de abordagem pedagógica e objetivo de aprendizagem. Assim pode-se fazer a relação entre as habilidades e competências e melhor configuração do ambiente.

O estudo de Fisher (2005) inicia abordando os tópicos sobre os princípios chave de construção de espaços e educacionais, conforme citados no item 8 desse trabalho. A partir daí, Fisher (2005) determina cinco atividades pedagógicas principais que são responsáveis por promover no aluno o aprendizado das habilidades competências mapeadas na problematização do mercado do trabalho no item 3. As cinco atividades são: entrega, aplicação, criação, comunicação e tomada de decisão.

A atividade pedagógica de entrega, segundo Fisher (2005), é o método mais tradicional de ensino, onde temos um líder, detentor do conhecimento que "entrega" essa experiência via apresentações e é responsável por avaliar o entendimento do público. Dessa forma, o ambiente deve ser preparado para garantir a comunicação de um para muitos, além da visualização do público em relação ao apresentador. Nessa fase o aprendizado é passivo.

A atividade de aplicação ainda constitui uma relação entre detentor do conhecimento e aprendiz, mas, dessa vez, personalizada. O aluno tem espaço para interação e feedback com o seu mentor, o que permite a personalização.

A atividade de criação é mais informal e igualitária. A atenção do grupo é distribuída, discussões podem acontecer em paralelo ou centralizadas e normalmente não possui liderança clara. O produto dessa atividade é um produto, serviço ou inovação.

A atividade de comunicação busca organizar informação e entender um conceito junto do grupo. Também não possui liderança clara e quanto mais informação e feedback forem trocados, melhor o resultado.

A tomada de decisão, possui uma liderança clara e busca definir, na maioria das vezes por consenso, um plano de ação a ser implementado. O ambiente é muitas vezes mais formal.





As atividades estão resumidas na tabela 9 conforme o artigo de Fisher (2005).

Tabela 9. Atividades pedagógicas (Fonte: Fisher, 2005)




Atividade Pedagógica	Atributos pedagógicos	Processo	Comportamento esperado	Configuração ideal do espaço
Entrega	Apresentações formais Instrutor controla apresentação Foco na apresentação Aprendizado passivo	Preparar apresentação Entregar ao público Testar entendimento	Trazar informação diante do público Liderança do instrutor Conhecimento está concentrado em uma fonte	
Aplicação	Observação controlada Trabalho em duplas Opção de trabalho entre "Mestre e Aprendiz" Informal Aprendizado ativo	Conhecimento transferido via demonstração Prática individual Entendimento	Aprendizado centralizado no aprendiz	
Criação	Multidisciplinar Sem liderança definida Igualitário Atenção distribuída Informal Aprendizado ativo	Pesquisa Definição do problema Discussão Incubação Produto/Inovação	Inovação ou conhecimento do abstrato ao produto	
Comunicação	Conhecimento disperso Improvisado Informal Aprendizado ativo	Organizar informação Entrega Receber e organizar Confirmar	Compartilhar informação Troca rápida	
Tomada de decisão	Conhecimento disperso Compartilhamento de informação Decisão final do líder Semi-informal Aprendizado passivo e ativo	Revisão de dados Gerar estratégia Planejar Implementar ação	Tomada de decisões	

A partir na lista de lugares sugeridos no item 8 desse trabalho, o próximo passo é correlacionar os princípios pedagógicos com os objetivos de aprendizagem e necessidade de cada um. A tabela 10 foi adaptada de Fisher, 2005.

Tabela 10. Relação entre espaços e pedagogia (Fonte: Fisher, 2005)

Espaço	Descrição	Pedagogia	Princípios Pedagógicos
<p>Base do estudante</p> 	<p>Espaço para que o estudante possa personalizar e estudar Espaço para reunir professores e estudantes</p>	<p>Senso de dono e responsabilidade Espaço para iniciar atividade, buscar ajuda, compartilhar ideias e conduzir discussões de grupo</p>	<p>Aplicação Criação Comunicação</p>
<p>Espaços individuais (espaço para pensar)</p> 	<p>Espaços silenciosos ou para pequenos grupos</p>	<p>Espaços com baixo ruído para estudar, refletir e descansar</p>	<p>Aplicação Criação</p>
<p>Espaço de aprendizado em grupo</p> 	<p>Espaço para times da equipe escolar, preparação de materiais e reuniões</p>	<p>Encoraja compartilhamento entre professores, planejamento integrado a discussões informais</p>	<p>Criação Comunicação</p>
<p>Incubadora</p> 	<p>Espaço para geração de ideias, trabalho em equipe, acesso a tecnologia e exibição de modelos e ideias</p>	<p>Suporta processos criativos, geração de ideias, trabalho em equipe e prototipagem de projetos</p>	<p>Comunicação Tomada de decisões</p>

Espaço	Descrição	Pedagogia	Princípios Pedagógicos
<p data-bbox="311 237 619 271">Espaço de apresentação</p> 	<p data-bbox="715 286 927 465">Espaço para indivíduos ou grupos demonstrarem e performarem</p>	<p data-bbox="965 304 1235 450">Oportunidade para praticar e aplicar aprendizado com escola e comunidade</p>	<p data-bbox="1265 322 1410 427">Entrega Tomada de decisão</p>
<p data-bbox="338 519 592 553">Espaço de exibição</p> 	<p data-bbox="715 519 932 842">Quadros brancos, displays. Apresentação de trabalhos em progresso ou terminados. Trabalhos circulam.</p>	<p data-bbox="965 575 1225 792">Suporta e compartilha o processo de aprendizado, desenvolvimento de produtos e serviços</p>	<p data-bbox="1265 629 1442 734">Entrega Criação Comunicação</p>
<p data-bbox="328 855 601 889">Espaço para projetos</p> 	<p data-bbox="715 891 927 1144">Espaço possui variedade de superfícies de trabalho, recursos, acesso a ferramentas e tecnologias</p>	<p data-bbox="965 855 1219 1178">Suporta a produção de informação, serviços ou produtos. Encoraja pensamento crítico, resolução de problemas e trabalho em equipe</p>	<p data-bbox="1265 965 1442 1070">Aplicação Criação Comunicação</p>
<p data-bbox="284 1216 644 1249">Laboratórios especializados</p> 	<p data-bbox="715 1184 932 1547">Áreas para suportar aprendizado que requerem equipamento especializado (Ciência, tecnologia, arte, música, dança, fabricação...)</p>	<p data-bbox="965 1258 1222 1476">Resgata relevância do trabalho, família e comunidade participando do processo de aprendizagem</p>	<p data-bbox="1265 1335 1394 1402">Aplicação Criação</p>
<p data-bbox="311 1554 619 1588">Aprendizado ao ar livre</p> 	<p data-bbox="715 1648 900 1827">Espaços ao ar livre - semi-definidos pela paisagem e construção</p>	<p data-bbox="965 1612 1227 1865">Suporta área para socialização, estudo privado, reflexão ou discussão. Pode ser usado para atividades de pequenos grupos</p>	<p data-bbox="1265 1702 1442 1769">Aplicação Comunicação</p>

Espaço	Descrição	Pedagogia	Princípios Pedagógicos
<p data-bbox="331 235 596 271">Espaços de "quebra"</p> 	<p data-bbox="715 297 927 546">Lounge, corredores largos onde estudantes podem se reunir fora de espaços formais</p>	<p data-bbox="965 297 1235 546">Fornece quebra na abordagem de espaços formais e alívio. Suporta reflexão individual, discussões informais e atividades sociais</p>	<p data-bbox="1264 387 1445 456">Aplicação Comunicação</p>
<p data-bbox="316 611 616 680">Espaço para reunião de professores</p> 	<p data-bbox="715 685 935 943">Espaços individuais ou para grupos para preparar materiais ou espaços de reunião</p>	<p data-bbox="965 707 1235 927">Encoraja compartilhamento entre professores, planejamento integrado a discussões informais</p>	<p data-bbox="1264 763 1445 871">Comunicação Tomada de decisões</p>
<p data-bbox="280 1030 651 1066">Armazenamento de recursos</p> 	<p data-bbox="715 1111 903 1330">Espaço adjacente para fornecer recursos para projetos e ferramentas</p>	<p data-bbox="965 1128 1163 1312">Suporta acesso eficiente aos recursos para continuação do aprendizado</p>	<p data-bbox="1264 1200 1398 1236">Aplicação</p>

8.2. Contribuições do espaço para a personalização do ensino

A personalização do ensino é fundamentada no fato que cada um aprende de uma maneira e ritmo diferente e portanto, precisa de recursos, atenção e processos diferentes. Basicamente, tem-se alguns pontos chave dentro da personalização:

- Alunos são centrais
- Tecnologia de informação é comunicação são ferramentas chaves
- Comunidades de colaboração
- Lifelong learning (aprendizado contínuo, voluntário e auto motivado)

Fisher (2001) em seu artigo *Building Better Outcomes. The Impact of School Infrastructure on Student Outcomes and Behaviour* mostra as relações entre espaço e resultados acadêmicos e o impacto que melhorias no espaço podem trazer para o aprendizado. Mais tarde, em 2005, em *Linking Pedagogy and Space*, Fisher (2005) apresenta como o currículo e os objetivos de aprendizagem se conectam com princípios de planejamento que possibilitam a criação de espaços.

Prakash Nair, expert da área, defende que no futuro "cada estudante irá receber educação personalizada, aprendendo coisas diferentes em tempos diferentes, espaços diferentes, de maneiras diferentes e de pessoas diferentes". Nair apresenta 7 boas práticas para ambientes educativos:

- 1) Conforto físico e bem-estar
- 2) Suporte para princípios de aprendizado do século 21
- 3) Demonstrar responsabilidade pelo ambiente e a escola como um livro 3-D
- 4) Servir às necessidades educacionais da comunidade
- 5) Prédios que funcionem melhor, durem mais, custem menos na construção, sejam mais inspiradores e adaptáveis a futuras necessidades

- 6) Processos abertos, transparentes e colaborativos

- 7) Avaliação através de resultados mensuráveis e significativos

Além disso, a tecnologia se posiciona como uma ferramenta essencial que vai possibilitar essa mudança nas escolas. A palavra-chave é flexibilidade. Escolas devem ser flexíveis o suficiente para se adaptar a criação e integração de novas tecnologias. Patel (2006) reconhece os benefícios que as tecnologias na área de educação (quadros inteligentes, notebooks, tablets, redes wifi, plataformas e etc) já trouxeram, mas questiona quanto a implantação dessas tecnologias nos antigos espaços de aprendizagem.

Espaços devem incentivar/possibilitar trabalhos em grupo e diferentes estilos de aprendizado, assim como espaços de aprendizado individual. As redes wifi possibilitam o acesso a informação de qualquer lugar, colaboração/compartilhamento a todo momento com colegas de classe ou de qualquer lugar do mundo.

8.3. Espaços voltados para trabalho em equipe, problem solving

Dentro dos estudos conduzidos na área, o conceito de ambientes focados no aprendiz/aluno surgiu há 100 anos com as teorias de Montessori, Steiner e Reggio Emilia que ainda são consideradas contemporâneas e evoluíram para os currículos sendo implementados em países da OECD. Esse tipo de ambiente busca empoderar o aluno para o aprendizado e

olham para o conhecimento que esses alunos trazem para o espaço. Professores partem do conhecimento existentes e observam, questionam e constroem juntos dos alunos. Logo após ocorre a análise mútua dos produtos para um aprendizado profundo (Bransford, Brown & Cocking 1999). Graesser, Person & Hu (2002) defendem que esse tipo de aprendizado permite que os alunos raciocinem, infiram e apliquem o conhecimento em situações práticas.

O espaço dentro da escola deve permitir a colaboração e a discussão na resolução conjunta de problemas que tenham significado. Através dessa exposição, alunos trabalham habilidades de comunicação (reportar, justificar/argumentar, ouvir e concluir) e trabalho em grupo. O espaço também deve facilitar a documentação das atividades e aprendizado e deixar acessível para todos. Esse tipo de medida empodera estudantes e os faz responsáveis/comprometidos com o próprio aprendizado.

Dewey (2003) defende que o pensamento é produto da interação social, portanto faz sentido que escolas incentivem aprendizado colaborativo, envolvendo a comunidade sempre que possível. Ambientes devem suportar os alunos a pensarem "em voz alta" e articular comunicação e compartilhar experiências.

A importância de um currículo reside no fato de ser um acordo entre sociedade, instituições e governos do que vai ser ensinado dentro da educação formal, ou seja, o currículo apresenta (ou pelo menos deveria) o conjunto de habilidades e competências que se precisa para se ter uma boa trajetória dentro da sociedade e mercado de trabalho.

Para a escola, o currículo trás os objetivos de aprendizagem e guia o planejamento de vários itens dentro da escola, de calendário até espaço físico.

A globalização deixou o trabalho de educadores mais difícil, uma vez que escolher quais aprendizados tem mais valor se tornou mais complexo e mutável. A maior demanda hoje é por recursos humanos criativos, que saibam comunicar e inovar. As maiores empresas hoje são de comunicação, entretenimento, tecnologia e não de manufatura ou indústrias.

9. Conclusão

O mercado de educação, especialmente no Brasil, está passando por um processo de profissionalização recente e que ainda vai levar algumas gerações para que atinja o mesmo nível de outras indústrias. Tal processo é alavancado por três pontos: valorização do negócio de educação e entrada de fundos de investimento no setor e aumento da exigência da população em geral por uma educação de qualidade. Dessa forma, estudos quantitativos na área ainda são pouco frequentes no exterior e raros no Brasil.

O sistema educacional brasileiro possui necessidades mais básicas do que o ajuste do espaço aos objetivos de aprendizagem do século XXI, porém um novo ambiente pode ser acelerador das mudanças e canal de inovação para as escolas, ainda que tal evolução seja iniciada pelo setor privado. Este estudo trouxe evidências e recomendações em vários níveis de adequação do ambiente, mas que devem ser executadas em paralelo ao treinamento da equipe pedagógica para que tenha impacto real.

Este trabalho sistematizou recomendações de modo que é possível testar cada um independentemente no ambiente de cada escola e adaptar o ajuste do ambiente ao orçamento da instituição e ao ritmo de adaptação e formação dos colaboradores.

Critérios de implantação como Iluminação, Cor, qualidade do ar e temperatura, acústica e número de alunos da escola ainda não possuem estudos conclusivos sobre a correlação com o aprendizado. No entanto, evidências como o estudo conduzido pela marinha americana onde o número de acidentes teve redução relevante após renovação das cores do ambiente revela insights importantes para a educação.

O envolvimento de professores e alunos no gerenciamento e manutenção de um prédio sustentável faz da tarefa, antes administrativa, um laboratório onde alunos aplicam os conceitos aprendidos.

Finalmente, a combinação do processo de design, conceitos de flexibilidade, recomendações nos níveis de implementação, sustentabilidade e organização do espaço produzem um modelo que mais se aproxima do ambiente escolar atualizado.

Referências

- (1) Bickel, Robert. School Size, Socioeconomic Status, and Achievement: A Georgia Replication of Inequity in Education, 1997.
- (2) Birren, Faber. The Power of Color. Carol Publishing Group, New Jersey, 1997.
- (3) Bransford, Brown & Cocking. How people learn: Brain, mind, experience, and school, 1999.
- (4) Cotton, Kathleen. Affective and Social Benefits of Small-Scale Schooling, 1996.
- (5) Fisher, K. Building Better Outcomes. The Impact of School Infrastructure on Student Outcomes and Behaviour, 2000.
- (6) Fisher, Ken. Linking pedagogy and Space, 2003.
- (7) Fisher, Ken. RESEARCH INTO IDENTIFYING EFFECTIVE LEARNING ENVIRONMENTS, 2005 <<http://www.oecd.org/edu/innovation-education/37905387.pdf>>.
- (8) Gray, Peter. A Brief History of Education, 2008. <<https://www.psychologytoday.com/blog/freedom-learn/200808/brief-history-education>>.
- (9) Lindsay, Alan W. Institutional Performance in Higher Education: The Efficiency Dimension, 1982.
- (10) McKinsey. Education to employment: Designing a system that works - 2012
- (11) Meier, KJ. School Size, 1997.
- (12) De Neufville, Richard. Flexibility in Engineering Design, 2011.
- (13) OSRAM, The effect of light on the performance capability of pupils, 2011.
- (14) Perkins & Will, 2003 - The Impact of Color on Learning <<http://sdpl.coe.uga.edu/HTML/W305.pdf>>.
- (15) Peterson, Michael. The purpose of schools, 2009. <<http://www.wholeschooling.net/WS/WSPrncples/WS%200%20purpose%20schls.html>>.
- (16) Pittman, Robert B. Influence of High School Size on Dropout Rate, 1987.
- (17) Slate, John. Effects of School Size: A Review of the Literature with Recommendations. 2008.
- (18) Smith, Gregory A. Education and the Environment: Learning to Live with Limits, 1987.
- (19) Spencer, Christopher. Children and Their Environments: Learning, Using and Designing Spaces. 2005.

- (20) Washington State Department of Health, 2003 - School Indoor Air Quality. Best Management Practices Manual. <<http://www.doh.wa.gov/portals/1/Documents/Pubs/333-044.pdf>>.
- (21) Wilson, H Pimlott. Designing next generation places of learning: Collaboration at the pedagogy-space-technology nexus – 2008

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p style="text-align: center;">TC</p>	2. DATA <p style="text-align: center;">25 de novembro de 2015</p>	3. REGISTRO N° <p style="text-align: center;">DCTA/ITA/TC-090/2015</p>	4. N° DE PÁGINAS <p style="text-align: center;">51</p>
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: <p>Soluções de engenharia para implantação e manutenção de espaços destinados à educação.</p>			
6. AUTOR(ES): <p>Mateus Lucas de Noronha</p>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): <p>Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA</p>			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: <p>Design, Flexibilidade, Educação, Organização do espaço, Arquitetura, Engenharia civil, Espaços de aprendizagem, Iluminação, Cor, Qualidade do ar.</p>			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: <p>Aprendizagem; Planejamento educacional; Iluminação; Qualidade do ar; Metodos educacionais; Arquitetura; Engenharia civil.</p>			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional <p>ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientadora: Giovanna Maceli Ronzani. Publicado em 2015.</p>			
11. RESUMO: <p>Este trabalho de graduação tem como objetivo sistematizar e avaliar as contribuições que o espaço pode fornecer ao descompasso existente entre habilidades exigidas na rotina social e de trabalho e as incentivadas pelo sistema educacional. Para isso, são analisadas recomendações gerais para ambientes focados no aprendizado, construções sustentáveis e, finalmente, organização do espaço com base no propósito pedagógico de cada um. Este trabalho responde como o espaço pode contribuir para potencializar as práticas de aprendizado dentro da escola. O impacto trazido por modificações no ambiente escolar são pontuados por: aprendizado dos alunos, produtividade da instituição e vigor institucional. Além disso, fez-se uma revisão literatura sobre design flexível, dado que os objetivos de aprendizagem hoje estão em constante mudança e oferece desafios a espaços fixos. Recomendações sobre iluminação, cor, qualidade do ar e temperatura, acústica, dimensão da escola e mobília são abordados como elementos que mais impactam no ambiente escolar. A questão de sustentabilidade que além de ser importante na construção do prédio também faz parte do currículo dos alunos, é levantada a fim de conectar gerenciamento do prédio e aprendizado dos alunos sobre o tema. Finalmente, a organização do espaço é sistematizada de modo a contribuir com o propósito pedagógico de cada ambiente para garantir o máximo retorno na aprendizagem.</p>			
12. GRAU DE SIGILO: <p style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/> OSTENSIVO <input type="checkbox"/> RESERVADO <input type="checkbox"/> SECRETO</p>			

