

IMS 保利斯塔总部

高强度和轻型钢材在建筑中的应用

Niobium Nb

(Alexandre M · Jordão¹ ; Marcelo H · Morettin² ; Vinícius H · de Andrade³ ; José Luis Canal⁴ ; Yopanan Rebello⁵ ; Giselly Diniz⁶ ; Leonardo M · Silvestre⁷)

1. 土木工程师, IPT 土木工程研究生在读; 2. 冶金工程师; 3. 建筑师, FAU/USP 建筑研究生在读; 4. 建筑师; 5. 土木工程师, 建筑学博士;
6. 土木工程师, 建筑学博士; 7. 土木工程师, 专门从事结构工程工作



简介

Moreira Salles 博物馆（葡萄牙语：IMS）是巴西的文化中心，旨在收集、展示和讨论艺术作品，尤其是摄影作品。新总部位于保利斯塔大道，圣保罗市最新奇、最有活力的区域之一。

IMS 被设计为开放的综合性空间，直接与城市相关联。

这座垂直博物馆位于楼厦之间，其中心（即交汇点）面向一个建在大道上方 17 米处的开放广场，可供游客观赏截然不同的城市景观。在 IMS 广场，游客可以从垂直中庭上楼前往展览厅，或下楼前往礼堂和图书馆。

为了使这栋建筑达到项目预期的空气流通性和透明度，其结构需要兼具精巧和新奇。鉴于空气流通性这一基本前提，自然而然得出的解决方案就是将所有通道和基础设施集中到一个混凝土核心部分（作为建筑物的“锚”），并利用金属结构来满足其他结构要求。

下文探讨了在规划、设计、制造和组装 IMS 建筑结构的过程中所面临的各种挑战。更确切地说，本文描述了在型材中使用钕微合金化高强度钢材的可能性及其对项目的影响，特别是侧重于结构解决方案中将阻力和空气流通相结合的益处时。



图 1— 竞赛阶段建筑师展示的比例模型。

图片来源：Andrade Morettin Arquitetos Associados.

历史

2005 年，IMS 邀请墨西哥建筑师 Ricardo Legorreta 参与建造新圣保罗总部的项目。尽管该项目在 2008 年中断，但组织行政委员会和 Moreira Salles 家族始终怀揣着完成该项目的梦想。

2009 年，在 UNA Architecture 公司的帮助下开展了关于建成这栋建筑的可行性研究。根据这项研究得出的结果，最终在保利斯塔大道上选定了一幅占地 1000 平方米的地块，这条大道是圣保罗市的传统艺术舞台，MASP、Conjunto Nacional、Sesc Paulista 等建筑物都坐落于此。这项研究的成果是一份项目前期计划，将作为评选胜出项目的竞赛的基础。

2011 年，正如建筑评论家兼《Monolito》杂志编辑 Fernando Serapião 所说，在一段审慎的成熟期之后，IMS 决定组织一场巴西建筑师之间的封闭竞赛，以此选出最佳项目。Vinícius Andrade 和 Marcelo Morettin 赢过了 5 支特色鲜明的建筑师团队，这些团队都符合“不是拥有大量经验且获奖无数的专业人士”这条颇有意思的标准。

编辑、建筑顾问、纽约现代艺术博物馆 (MoMa) 建筑与设计委员会联合主席兼普利策奖（建筑界的诺贝尔奖）评委 Karen Stein 策划了这场竞赛。Karen Stein 和 Fernando Serapião 最初预选了 15 家公司。这一流程结束时，只有 6 家公司在向由巴西人和外国人组成的评委团提交作品后入围最终评选。

评委团主席是 Pedro Moreira Salles，外国成员有四人，分别是：Karen Stein；Richard Koshalek，华盛顿赫希洪博物馆（美国）董事，曾任伦敦泰特现代艺术馆新建筑项目评选委员会成员和华特·迪士尼音乐厅项目委员会成员；Jean-Louis Cohen，建筑历史学家、纽约大学教授，兼 Institut Français d'Architecture 董事；以及墨西哥建筑师 Ricardo Legorreta，曾任普利策奖评委，是美国建筑师协会 (AIA) 金奖得主（2000 年通过电话会议参与）。巴西成员包括：

André Corrêa do Lago，外交官、建筑评论家兼 MoMa 建筑与设计委员会成员；Fernando Serapião 和 Flávio Pinheiro，Instituto Moreira Salles 行政主管。

建筑设计

项目要求的空间分布效果和地理位置带来的挑战最终促使建筑师制定了一份出人意料的解决方案，主要考虑的是设计垂直博物馆的难度。

这幅地块的公共用途需要符合组织总裁 João Moreira Salles 总结出的广泛概念，即“开放、大众的空间”。

因此，解决方案提出将底层转移到保利斯塔大道上方 17 米处的 5 楼。利用双层高天花板的优势，接待处、书店、咖啡馆以及多媒体和展览区的入口都位于底层挑空区域。

该建筑物的玻璃围护和半透明设计灵感来源于巴黎的 Maison de Verre de Pierre Charreau 项目，整个建筑物以双层玻璃包裹，让人身处其中能够观赏室外广阔的城市景观。

该建筑物虽然包裹在玻璃面板中，但并不是一个封闭的结构，因为上文所述的底层视角极佳，身处其中能够尽情观赏保利斯塔大道的壮丽景观。

底层入口使用自动扶梯，而其他垂直通道区域采取楼梯和电梯结合的方式。地下总共设有两层。技术和物流区设在地下一层，停车场设在地下二层。管理区、美术馆和所有其他空间均位于地上楼层。



图 2 - IMS 广场、垂直入口楼梯视图、Avenida Paulista 和玻璃围护。
图片来源：Andrade Morettin Arquitetos Associados。

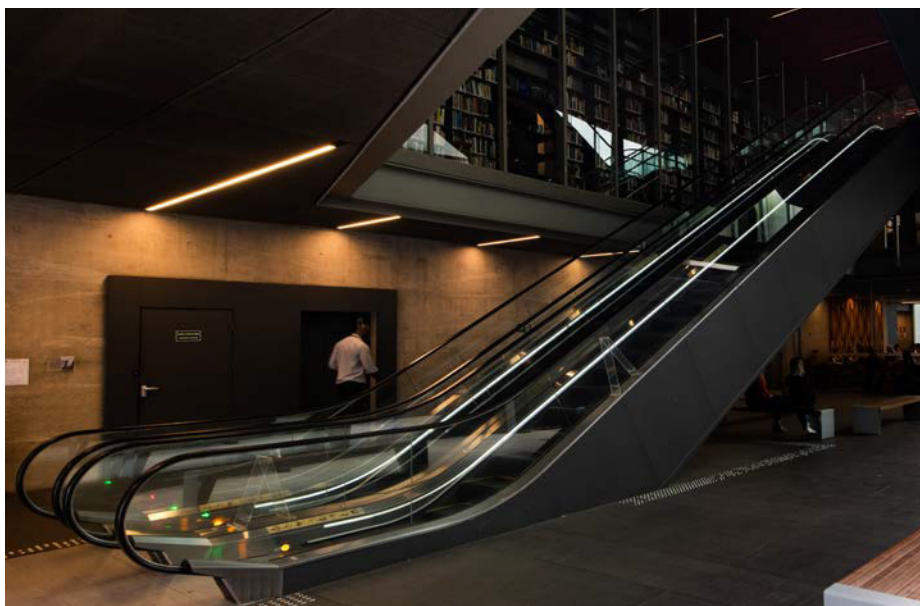


图 3 - 从自动扶梯可进入底层挑空区域。美术馆和所有其他空间均位于地上楼层。
图片来源：Andrade Morettin Arquitetos Associados。

结构设计

“我们笃信工业化的合理结构，并设法使用工业化组件。” Vinícius Andrade 的这句话也反映了 Marcelo Morettin 的理念，后者曾说过，选择作为结构部件的钢材及其外露的螺栓连接，应传递出这样一个理念：

建筑是由构成整体的各个部分组成的。这一理念一直是钢材对整个建筑行业所作巨大贡献的主题。

建筑师对工程师 Yopanan Rebello 领导的结构工程师团队提出建议主要是，建筑物虽然应设有一个钢结构环绕的混凝土核心，但该中心应尽可能轻巧——这一任务使得钢材在项目规划早期阶段就成为明确的解决方案。

楼板结构由钢-混凝土组合梁与电镀型材和预制钢筋混凝土板构成，使用双头螺栓作为抗剪连接件，从而使混凝土板在弯曲要求的压缩下也能与法兰共同作用。

楼板梁的一端由带嵌件的混凝土核心支撑，另一端由三根巨型钢桁架组成的结构支撑，该结构与其支撑的楼层天花板同高。这些桁架中的两根高 5.0 米；一根相当于六层和七层之间的天花板高度，另一根相当于八层和九层之间的天花板高度，如图 4 所示。

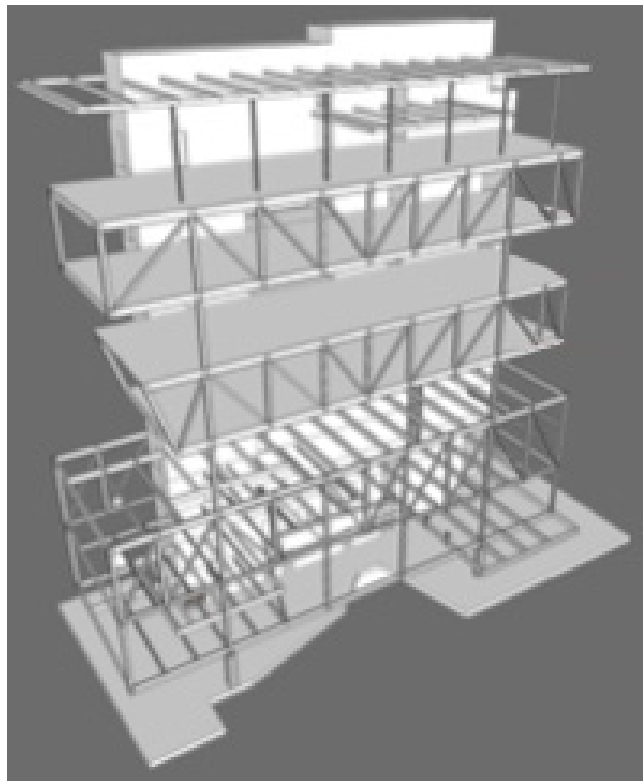
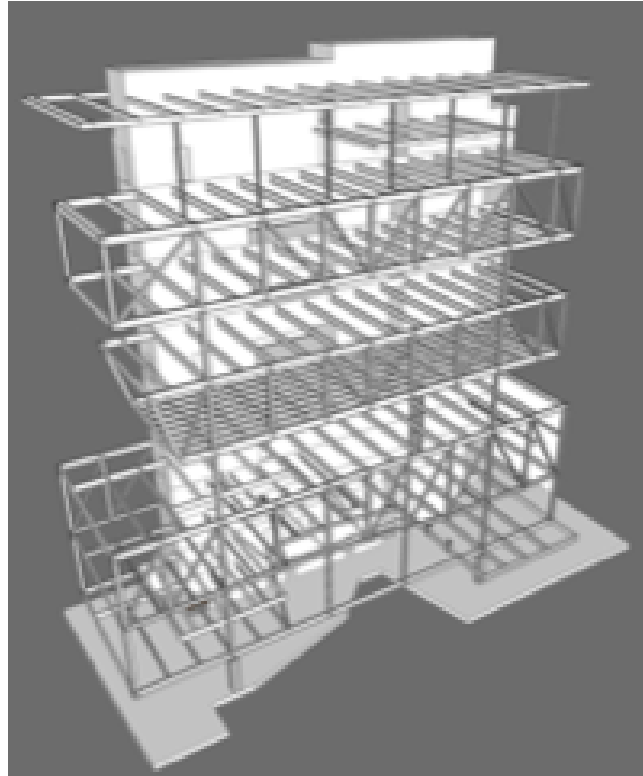


图 4 - 有或没有混凝土板的混凝土中心和钢结构的集成结构图解视图。
图片来源：Andrade Morettin Arquitetos Associados。

第三根桁架一侧约为 6.0 米，另一侧约为 7.5 米，用以配合三层和四层之间的剧场楼层坡度，如图 5 所示。

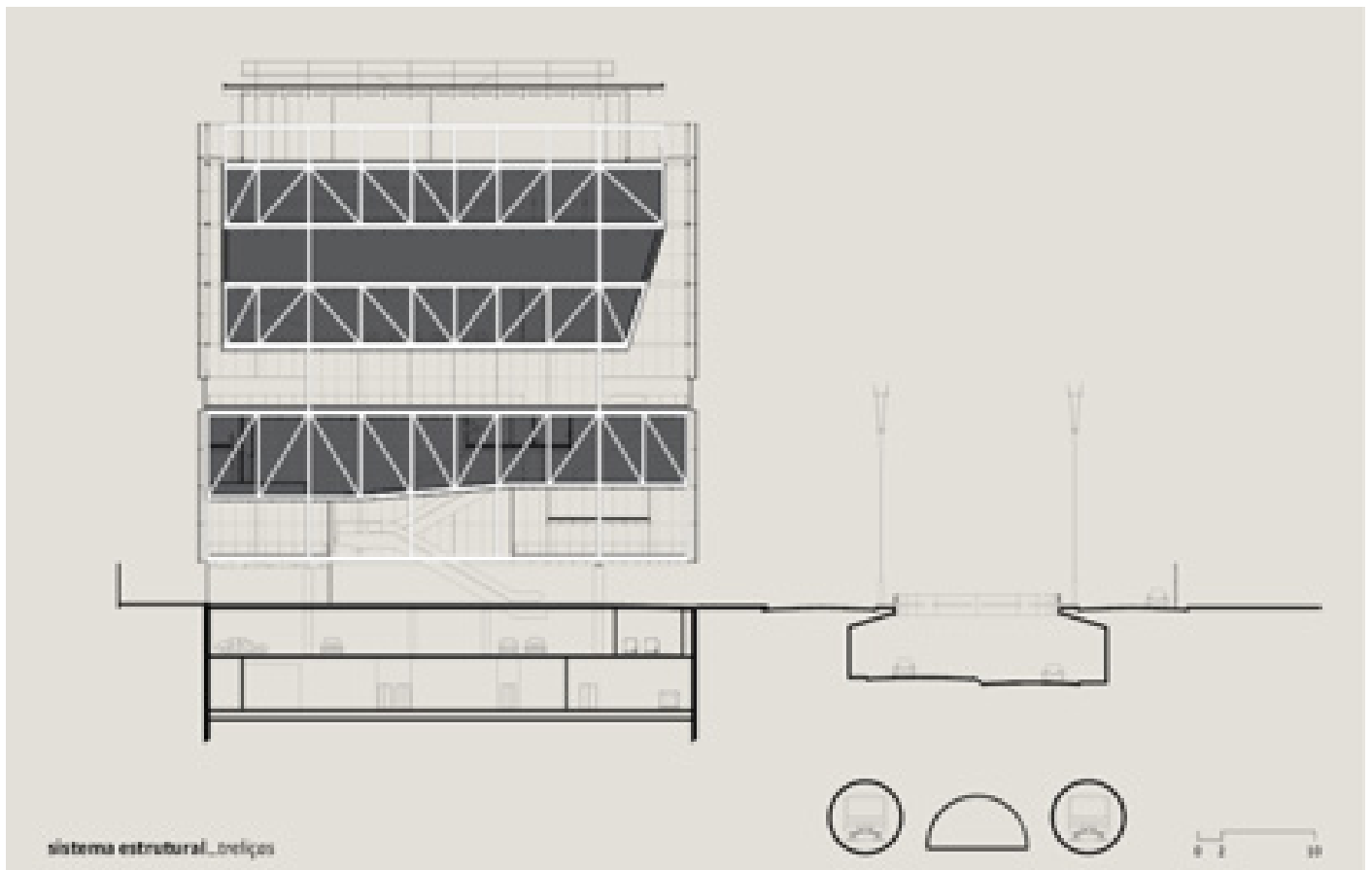


图 5 - 纵向横截面详细图解。

图片来源：Andrade Morettin Arquitetos Associados

这些巨型桁架的中心间距为 25 米，两侧悬垂 7.5 米，形成了相当经济的间距-悬垂比例。这些桁架仅由两根直达屋顶的钢柱支撑。这些钢柱的底端位于一层的两根混凝土柱上。

巨型桁架的构件和型钢为焊接的“1”型钢。

混凝土核心作为水平载荷支撑，例如用于防风。

一层由采用同等的焊接“1”型钢作为箍筋的桁架支撑。二层和四层由采用类似一层的箍筋的合金梁支撑。

项目中使用的所有焊接型钢均由 Gerdau 提供的铌微合金化高强度钢板（厚度高达 22 毫米）和 Usiminas 提供的铌微合金化高强度钢板（厚度超过 22 毫米）构成。

在设计钢结构时，遇到的最大挑战之一是结构部件需要精简轻薄，有利于形成大间距和开放空间。一个特殊案例是，支撑巨型桁架的一根支柱的解锁长度为 12 米，载荷约 700 吨，架构尺寸限制在 350x350 毫米。解决方案是利用自动扶梯的倾斜线来隐藏水平支撑桁架，该桁架由角托架连接，用作刚性楼板。一些支柱的载荷最高可达 1200 吨。



图 6 - 自动扶梯的支撑结构，底部有不受限制的支柱，图示详细描绘了典型螺栓连接结构。

图片来源：Andrade Morettin Arquitetos Associados。

结构材料的选择

除了中心和平板由钢筋混凝土建造之外，上部结构基本上都是由钢材构成的，整个楼板系统采用热轧型钢，结构系统的其他部分采用焊接型钢，例如巨型桁架、箍筋、支柱和宽距梁。

“现场”组装的结构部件之间使用高强度钢材 ASTM A325 螺栓进行连接。埋弧焊 (SAW) 用于制成焊接型钢。

建筑物的结构设计中使用的所有钢材均为高强度，绝大部分是 ASTM A572 GR50 ($Le \geq 355\text{Mpa}$) 型钢和板材。

但材料选择的创新之处在于，接待展览的楼层支撑系统和巨型桁架的一些部件所用的绝大部分热轧型钢都使用了高强度 ASTM A572 GR60 ($Le \geq 420\text{Mpa}$) 钢材。

所用的两类钢材都进行了铌微合金化处理，由 Gerdau 奥罗布兰科/MG 分部提供。Gerdau 开发的钢材最佳校准公式为：

碳含量低于 0.18%，添加的微量铌含量介于 0.02% 和 0.04% 之间，能够制造符合 ASTM A572 50 和 60 级要求且具有很高安全性的出色产品。

标准和钢材		碳 %	锰 %	硅 %	铌 %	LE MPa	LR MPa	拉伸 %
ASTM A572 Gr 50	标准限制	最大 0.23	最大 1.35	最大 0.40	最大 0.06	最小 345	最小 415	最小 20
	实际 IMS	0,17	1,25	0,19	0,022	399	542	26
ASTM A572 Gr 60	标准	最大 0.26	最大 1.35	最大 0.40	最大 0.06	最小 415	最小 520	最小 16
	实际 IMS	0,13	1,37	0,19	0,036	460	564	27

表 1 – IMS 所用钢材的某些含量和特性参考值概览。根据 ASTM A572 GR50 和 GR60。

表 1 – 表明钢材完全符合标准机械特性要求，尤其是 Grade 60，展示出更低的碳含量以及比标准低限值高出 10% 以上的优越拉伸性能。

使用铌微合金化高强度钢材 (ASTM A572 GR50 e G60) 而非传统碳锰钢 (ASTM A36) 减少了结构部件部分, 使建筑物能够灵活性地实现更大的空间、更宽的间距和更高的天花板。

一般意义上, 钢材中使用少量铌有助于降低碳含量、赋予材料更优秀的焊接性, 以及在轧制过程中细化微型结构晶粒。

如图 8 所示, 与更低的碳含量结合能够显著改善机械性能, 例如伸长率、韧性、延展性、成形性和机械阻力。

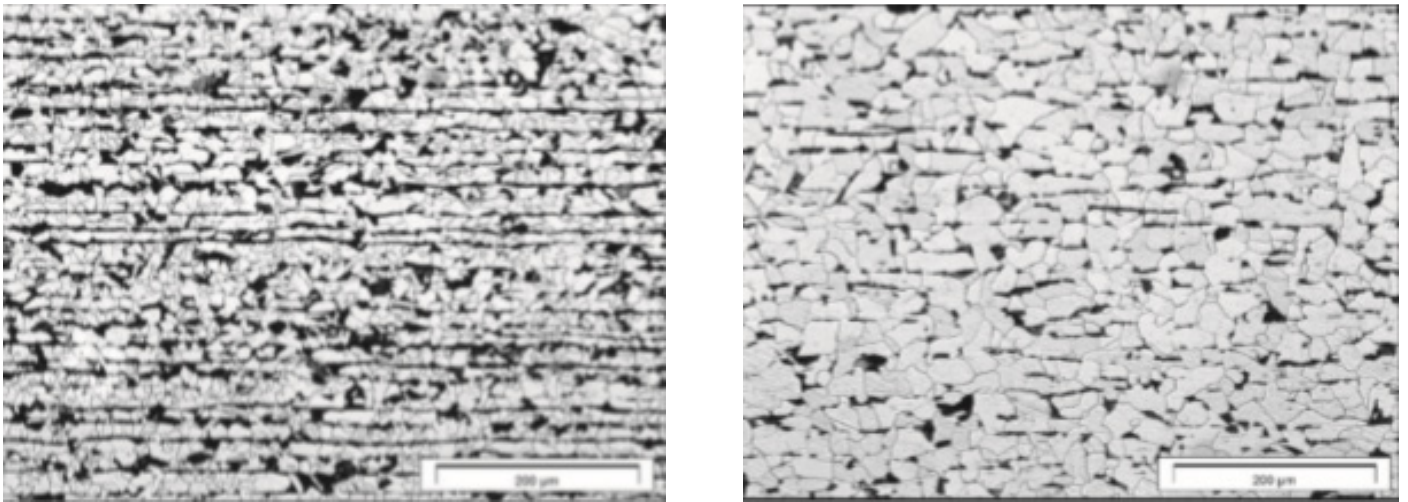


图 8 - 200 倍镜头下的电子显微镜照片, 左图显示 ASTM A572 GR50 铌微合金化钢的晶粒尺寸, 右图显示传统 ASTM A36 碳锰钢的晶粒尺寸。
图片来源: Silvestre 等人

最初的设计方案是全部使用钢铁厂大规模生产的 ASTM A572 GR50 钢材, 这些钢材采用板材和热轧型钢的形式, 能够支撑 200 Kgf/m² 至 1000 Kgf/m² 的过载, 如表 2 所示。楼板梁设计了预拱度, 使得作业过程中的挠度为零 ($\Delta=0$)。

楼层	过载 Kgf/m ²	恒定 Kgf/m ²
地下二层	400	0
地下一层	400	0
底层	600	150
一层	300	150
二层	300	150
三层	300	150
四层	600	150
五层	600	150
六层	1000	150
七层	600	150
八层	600	150
九层	600	150
阁楼	200	150
屋顶	200	150

表 2 - 每层楼的恒定载荷和过载分布。

然而，随着工作逐步取得进展并与 Gerdau 达成合作伙伴关系，我们发现了一款结构性能更高、机械特性更佳的钢材——ASTM A572

GR60——可用于所有楼层系统，根据博物馆管理者的意见，这款钢材可用于支撑日后包含更重雕塑作品的巡回展览。

从那以后，难点就在于保持设计的原始型钢尺寸，以免影响使用网格开放型钢的建筑物安装（见图 11）和

美术馆的天花板高度，以及保持必要的惯性以满足正常使用极限状态 (SLS) 的要求。

结构工程师和施工经理通力合作，列出了原先计划使用的型钢的一系列替代品，同时解决了位移计算中涉及到的几何特性问题以及钢铁厂提供的最小批次，从而使替代方案获得成功。

因此，替代 ASTM A572 GR50 型钢的 ASTM A572 GR60 型钢最终清单参见表 2。在选择替代旧型钢的新型钢时，基本上参照了两个标准：

1. 保持惯性矩以符合 SLS，保持相同高度，因此可使惯性矩接近原始型钢；
2. 超出极限状态 (ULS) 中的载荷能力，使用每个系列中可选的最大型钢。

电镀型材 – ASTM A572 GR50			
原始型钢	Kgf/m	长度 (m)	重量 (Kgf)
	W150x13	13,0	7,0
W150x22.5	22,5	57,0	1282,5
W150x37.1	37,1	38,0	1409,8
W200x31.3	31,3	113,0	3536,9
W200X86	86,0	86,0	7396,0
W310X21	21,0	178,0	3738,0
W310X44.5	44,5	22,0	979,0
W310X97	97,0	443,0	42971,0
W310X107	107,0	35,0	3745,0
W360X32.9	32,9	499,0	16417,1
W360X44	44,0	505,0	22220,0
W360X51	51,0	13,0	663,0
W360X64	64,0	101,0	6464,0
W410X38.8	38,8	33,0	1280,4
W530X74	74,0	378,0	27972,0
W530X82	82,0	578,0	47396,0
W530X85	85,0	10,0	850,0
W530X92	92,0	124,0	11408,0
W530X101	101,0	68,0	6868,0
W530X109	109,0	183,0	19947,0
总重量			226634,7

电镀型材 – ASTM A572 GR60			
最终型钢	Kgf/m	长度 (m)	重量 (Kgf)
	W150x37.1	37,1	102,0
W200x31.3	31,3	113,0	3536,9
W200X86	86,0	86,0	7396,0
W310X44.5	44,5	200,0	8900,0
W310X107	107,0	478,0	51146,0
W360X44	44,0	1004,0	44176,0
W360X64	64,0	114,0	7296,0
W410X38.8	38,8	33,0	1280,4
W530X85	85,0	966,0	82110,0
W530X109	109,0	375,0	40875,0
总重量			250500,5

表 3 – 被 ASTM A572 GR60 型钢替代的 ASTM GR50 型钢清单。

2 使用者舒适度、结构耐久性、外观和整体适用性相关安全标准。拱度或最大垂直位移受到这些标准或极限状态的限制。

3 与倒塌或任何其他形式的相当于完全停用结构的结构破坏相关的安全标准。

结果表明，与原楼板梁重量的差异约为 24 吨 (10.5%)，在提升过载能力方面具有巨大回报，如表 3 所示。与所替代材料的重量差异主要是由于：

- 需要校准测量仪器，以确保供应量在工厂所要求的最低量范围内。
- 在 SLS 尺寸限制方面，需要保留具有相同的绕主轴惯性矩的型钢；
- 需要保持楼层之间的高度配置清晰，留出建筑所需空间，此外还应在跨网格开口梁的所谓结构区安排公用设施；
- 项目交付时间表中未留出时间来重新计算整个建筑物采用更高强度钢材的情况，更高强度的钢材能够进一步优化结构能力和最终楼层结构重量，但可能不利于按时完成最终交付；

为了证明上述过载能力提高，我们对位于图 9 所示各楼层的使用不同型钢制成的、有着不同载荷的三根梁进行了计算取样。重新计算的前提是根据 NBR8800:2008 对此类占用的规定，将梁处理为 SLS 最大位移，并验证不同类型钢材制成的每一根梁能够支撑的过载限制，然后进行定量比较。

对两类受测钢材使用相同型钢条件进行了计算。

根据上述前提进行计算后，结果如表 4 所示，各栏含义如下：

- 楼层 — 是指用作样本的梁所在的楼层；
- 型钢 — 是指用作样本的梁的供应商目录中规定的标称型钢。字母“W”后所接数字是标称高度，后跟型钢的每延米重量；

- 间距 — 用作样本的梁的理论支撑间距；
- SC 原始 Δ = - 设计中指定的意外载荷，已安装预拱度的最终挠度（拱度）为零；
- GR50 SC 最终 Δ = LIM - 考虑到 GR50 钢材和 NBR8800:2008 规定的挠度限制，所允许的最大意外载荷；
- GR60 SC 最终 Δ = LIM - 考虑到 GR60 钢材和 NBR8800:2008 规定的挠度限制，所允许的最大意外载荷；
- 增益 % - GR50 和 GR60 钢材之间的最大意外载荷增益百分比。



PAV.	型钢	间距	原始OL $\Delta = 0$	GR50 最终 OL $\Delta = LIM$	GR60 最终 OL $\Delta = LIM$	增益 %
三层	W360x44,0	10.0 m	200 Kgf/m ²	200	250	25,0
六层	W530x85,0	10.0 m	1000 Kgf/m ²	1000	1250	25,0
八层	W530x109,0	10.0 m	600 Kgf/m ²	1500	1800	20,0

表 4 - 使用 50 级和 60 级钢材的增益百分比比较。

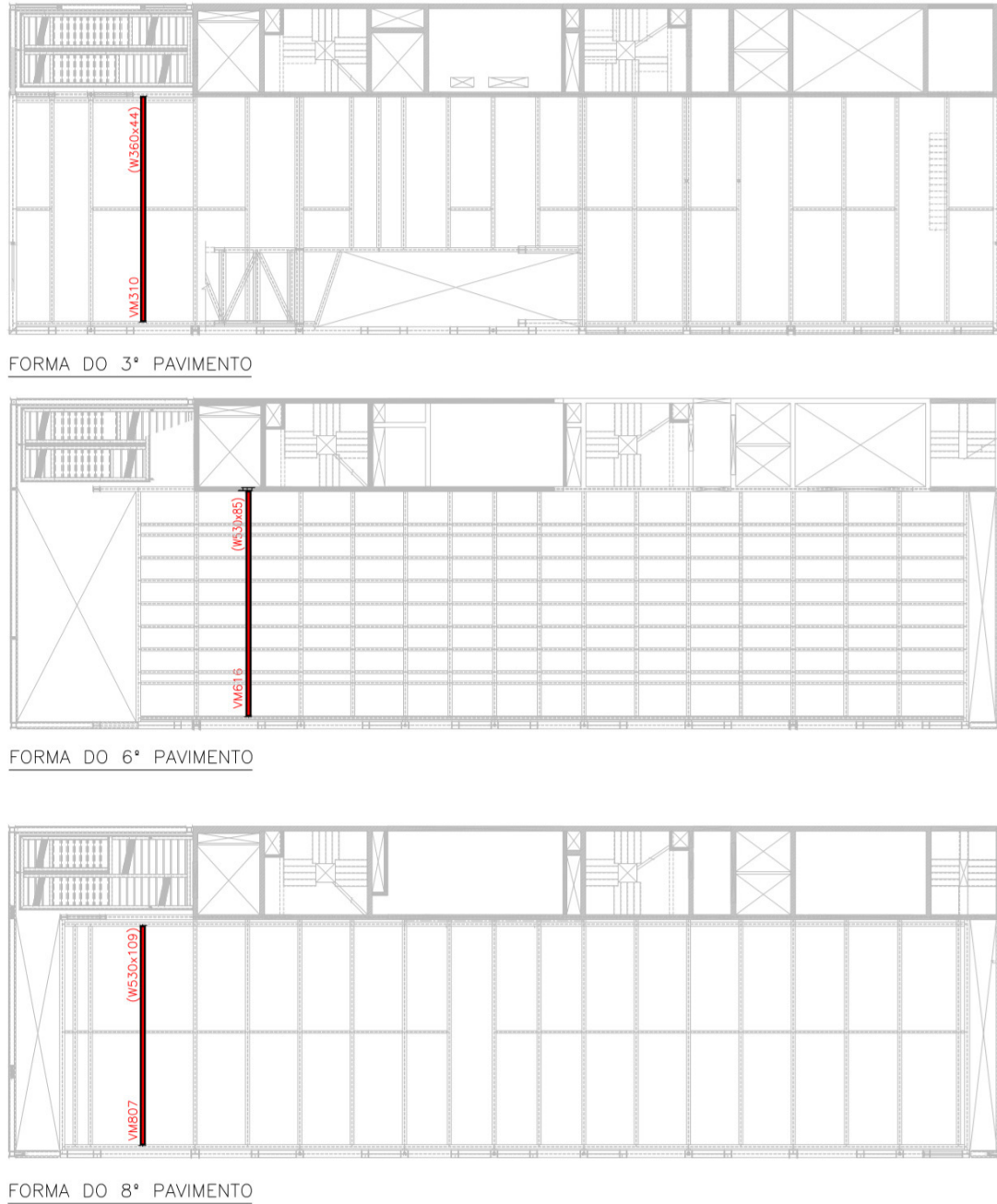


图 9 – 用于进行 50 级和 60 级钢材比较分析的楼层和梁位置图解视图。

如图所示，三层的样本增益百分比为 25%，六层为 25%，八层为 20%，考虑到上文表 2 所示重量增加了 10.5%，以及按顺序列出的重量增加的依据，这些数值相当大。

钢结构的制造与组装

所有具有特殊设计的建筑物都需要单一的行动计划，在此情况下，施工协调人员制定了一份包含 4 个主要步骤的计划，如下所示：

- 1 建造地下连续墙以允许挖掘地下楼层，以免影响地铁和邻近建筑物的安全性；建造安装电梯的混凝土核心，以及采用外露混凝土设计的应急楼梯、技术区和服务区，框架形式包括该核心支撑的梁连接嵌件；
- 2 使用三根主要巨型桁架来组装钢结构。
- 3 根据建筑师提出的标准完成建筑物的安装、立面和装修，以满足与最佳国际博物馆相同的规格，同时根据现行巴西标准验收，包括圣保罗州立消防局的规范指令。

这个地块不设建筑工地空间，要在这里执行这些步骤，同时符合保利斯塔大道限制进入规则，必须制定特殊的工作日计划，即白天开展计划好的活动，晚上接收材料并在短期活动中实时使用，因为没有可用的储存空间。

钢结构的使用在面临此类限制的项目中至关重要，相关主要优势列举如下：

- 考虑到地块不设建筑工地空间，与需要十几辆卡车在白天运输且会造成项目附近道路拥堵的泵送混凝土相比，这种方式减少了对本地交通的干扰；
 - 组装速度快，减少对周边居民生活的干扰，避免大型起重设备、组装团队、噪音和与装修阶段相比更高的事故风险所导致的正常生活长时间中断；
- 一方面，对核心的每个特定层进行混凝土浇筑后，小心地放置精心设计的嵌件以作为钢结构连接件。
- 另一方面，基础过渡结构支撑的主要支柱组装完成后，第一根巨型桁架在图书馆区域内组装，然后即可在该区域组装预制板的所有支撑梁。
- 结构设计提供了极为轻薄的结构和非常有趣的细节，尤其是螺栓连接结构，其被设计为外露式以打造美观效果，遵循建筑外露结构钢 (AESS) 的理念，如图 6 所示。
- 由于结构零件可直接运至最终组装位置，或在现场停留时间相对较短，因此对储存空间的需求较小，从而优化空间；

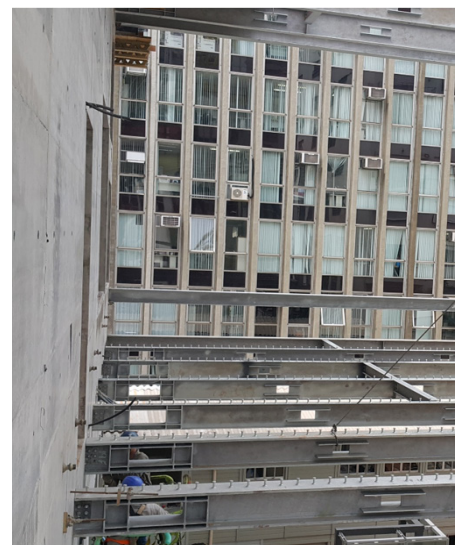


图 10 - 地块和可供作业的小空间左视图。
混合梁的右侧组装与金属嵌件和混凝土核心相连接。
图片来源：José Luiz Canal

另一个重要方面是关注将对结构进行的处理，以满足各种必要和严格的要求，例如：

- 耐久性。尽管仅通过适当的表面处理即可很好地应对城市环境，但需验收地基和涂料，钢结构应进行热镀锌处理（200 微米的锌），在防火漆外涂上面漆
- 防火。由于消防局的严格规定要求结构必须能够撑过 120 分钟的火灾，我们聘请了一家专业公司来涂刷英国的高性能防火漆

如前所述，在组装和施工的高峰期，同时开展这三方面的工作时也会浇筑混凝土核心的最后几层、组装图书馆的钢结构并开始进行较低楼层的安装和装修。

随着立式载重运输起重机的拆卸和预期间距的弥合，其他楼层的安装和装修也可继续进行。



图 11 - 左侧：来自 GR60 钢材建造的展览楼层中一个楼层系统的热轧梁，配有网格开口以进行服务集成。右侧：组装起重机、一根定位巨型桁架和混凝土核心
图片来源：José Luiz Canal

博物馆面向公众开放的一年前，开始关闭建筑物，Front 负责设计特殊玻璃面板，Jetacorp 负责开发。这些面板由隔热双层玻璃部件构成，每个部件的重量在 280 千克至 320 千克之间，需要使用组装平台系统和升降玻璃系统，以便组装过程高效、安全且不会发生任何事故。

立面系统的多层结构和交替气室具有高度隔音和隔热性能。尽管保利斯塔大道的噪音很大，但建筑仍能兼具上述美观性和舒适性。

在施工的最后一年，来自不同应用领域的超过 250 名专业人员和超过 40 家公司按照精心制定的时间表，协调一致地加快开发速度，所有工作都在全部 11 个楼层中进行，避免了返工，最大限度提高了质量和安全性。



图 12 - 玻璃围护系统的组装

图片来源：Andrade Morettin Arquitetos Associados

结论

除了扩大建筑的使用范围、留出更大的有效间距和更高的天花板高度、提升建筑群的通风性，IMS 设计中的钢结构还能够克服地理位置给建筑物带来的不利因素。该建筑建在保利斯塔大道的一幅狭窄地块之上，周边有许多其他建筑物。

从结构来说，首先需要强调的是，使用铌微合金化高强度钢材而非传统 ASTM A36 碳锰钢带来了增益，主要是由于以下因素，例如：更好的焊接性、更高的韧性和更大的阻力，后者直接关系到型钢的减少，最终影响结构重量。

其次，就结构而言，使用 ASTM A572 GR60 钢材（也是铌微合金钢）替代部分 ASTM A572 GR50 钢材相当有效，支撑展览的楼层意外载荷能力提升到了 25%，这一点是客户决定的，感谢 Gerdau 钢铁厂的鼎力合作。

本研究表明，如果在项目开始时就考虑使用 GR60 钢材，则所得增益会更大。作业执行阶段的变化总会发生且往往无法避免，但它们也有代价，在此情况下，会导致结构重量增加，需要楼层载荷能力提升来补偿。

本文还意在指出，钢铁厂提供更多高性能钢材供结构工程师和建筑师大规模使用能够促进该材料在巴西土木工程行业的使用，或许有助于刺激建筑和结构领域出现更加大胆的项目；此外，还需重申在对速度和建筑过程合理性有很高要求的建筑中使用钢结构的高效率，其目的是加快组装流程、优化建筑工地空间和大幅减少对大型城市中心的建筑物周边区域的常规城市活动的影响。

技术数据表

建筑设计	Andrade Morettin Arquitetos Associados
采用钢材和混凝土的结构设计	Ycon Engenharia
综合管理	Canal & Musse
钢结构的组装和建造	Eleve Comércio e Montagem de Estruturas Metálicas
钢材供应商	Gerdau S.A. (Perfis e Chapas até 22 mm) Usiminas S.A. (Chapas acima de 22 mm)
钢结构总重量	556 ton.

支持

CBMM – Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração（巴西矿业和冶金公司）
IMS – Instituto Moreira Salles
Gerdau S.A.

参考文献

MONOLITO. São Paulo: Editora Monolito, n. 8, 2012 年 4 月/5 月。
SILVESTRE 等人。“高强度钢作为工业建筑精益设计的解决方案”
(High Strength Steel as a Solution for the Lean Design of Industrial Buildings).
《材料研究与技术杂志》(Journal of Material Research and Technology)。阿姆斯特丹。第 35-41 页。2012 年 4 月。

采访

Marcelo Morettin 和 Vinícius Andrade – 负责设计的建筑师，Andrade Morettin Arquitetos Associados 负责人
Jânio Gomes – 圣保罗 IMS 执行董事
José Luiz Canal – 土木工程师，项目经理，Canal&Musse 负责人
Yopanan Rebello – 土木工程师，负责设计混凝土和金属结构，Ycon Engenharia 负责人
Wilson Ramos da Silva Filho – 土木工程师，Eleve Comércio e Montagem de Estruturas Metálicas 董事长，负责建造和组装结构

CBMM | Niobium Nb

CBMM | Niobium 在 1955 年成立于巴西米纳斯吉拉斯州的阿拉夏，目前已经发展成为全球最大的铌产品生产商和销售领导者。致力于通过“技术带动销售”的方式推广铌产品，目前在全球 40 多个国家/地区拥有客户。公司总部位于巴西，同时在中国、荷兰、新加坡、瑞士和美国设有办事处和子公司，为全球市场提供铌产品和尖端铌技术，满足航空航天、能源、移动出行及建筑领域对高端材料的迫切需求。



铌科技公众号



铌科技+
微信小程序



www.niobium.tech/cn
铌科技官方网站

联系邮箱：technology@cbmm.com